

ICW nota 1751 ^{II}

januari 1987



nota

— instituut voor cultuurtechniek en waterhuishouding, wageningen —

HYDROLOGISCHE EN BODEMFYSISCH E PARAMETERS IN DE OMGEVING
VAN HET HOOFDKANAAL VAN DE TWENTHEKANALEN
(Traject Eefde-Lochem)

ing. K.E. Wit, ing. H.T.L. Massop, J.G. te Beest en M. Wijnsma



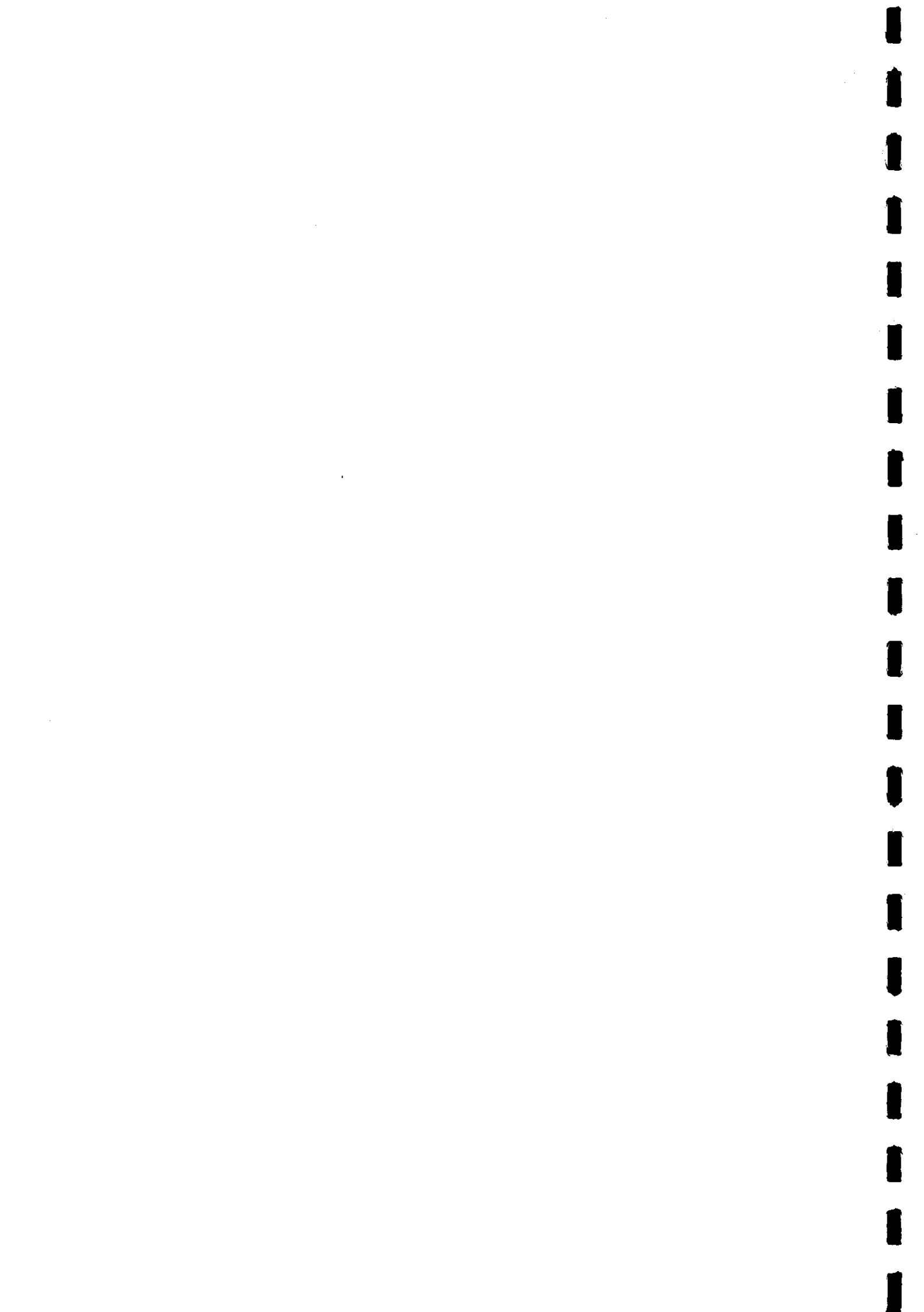
Nota's van het Instituut zijn in principe interne communicatie-
middelen, dus geen officiële publikaties.

Hun inhoud varieert sterk en kan zowel betrekking hebben op een
eenvoudige weergave van cijferreeksen, als op een concluderende
discussie van onderzoeksresultaten. In de meeste gevallen zullen
de conclusies echter van voorlopige aard zijn omdat het onderzoek
nog niet is afgesloten.

Bepaalde nota's komen niet voor verspreiding buiten het Instituut
in aanmerking

17 MAART 1987

JSN 257070 *



I N H O U D

	blz.
1. INLEIDING	1
2. DE KANAALWEERSTAND	2
2.1. Algemeen	2
2.2. Bepalingsmethode voor c_b	2
2.2.1. Doorlatendheidsmetingen	3
2.2.2. Berekening van de bodemweerstand	6
3. DE HYDRAULISCHE WEERSTAND VAN HET AFDEKKEND PAKKET	10
3.1. Algemeen	10
3.2. Methoden	10
3.3. De infiltratieproeven	11
3.3.1. Algemeen	11
3.3.2. Inrichting van de infiltratieproeven	12
3.3.3. Uitvoering van de infiltratieproeven	14
3.3.4. Berekening van de hydraulische weerstand	14
3.4. Doorlatendheidsmetingen	21
4. DE BODEMFYSISCH EIGENSCHAPPEN VAN DE BOVENGROND	23
4.1. Algemeen	23
4.2. Methode	24
4.3. Bodemfysische eenheden	26
5. HET DOORLAATVERMOGEN VAN DE WATERVOERENDE PAKKETTEN	27
5.1. Algemeen	27
5.2. Geohydrologische schematisering	28
5.3. kD -waarden	29
6. SAMENVATTING	30
LITERATUUR	32
LIJST MET BIJLAGEN	35

1. INLEIDING

Rijkswaterstaat (RWS), directie Overijssel heeft plannen voor een verbreding van het hoofdkanaal van de Twenthekanalen van 50 m naar 60 m op de waterspiegel op het gedeelte tussen Eefde en de Bolksbeek ten behoeve van de waterafvoer en de waterstanden bij maatgevende afvoer. Naast de verbredingswerkzaamheden zal het kanaal worden uitgebaggerd tot op ontwerpdiepte.

Ten gevolge van de voorgenomen verruimingswerkzaamheden en het baggerwerk mag een (tijdelijke) toename van de kwelstroming vanuit het kanaal naar de aanliggende landbouwgebieden worden verwacht. Voor een modelmatige berekening van de toename van de kwel alsmede van de effecten hiervan voor de landbouw zal gebruik worden gemaakt van grondwatermodellen. De hiervoor benodigde gegevens hebben ondermeer betrekking op hydrologische en bodemfysische parameters. In verband hiermee is in een schrijven van 17-6-1986 door de RWS, directie Overijssel aan het Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding (ICW) opdracht verleend voor het uitvoeren van onderzoek naar:

- de hydraulische weerstand van de kanaalbodem;
- de hydraulische weerstand van het afdekkend pakket in een strook van 500 m aan weerszijden van het kanaal;
- de bodemfysische eigenschappen van de bovengrond in een strook van 500 m aan weerszijden van het kanaal;
- het doorlaatvermogen van één of meerdere watervoerende pakketten in een strook van 500 m aan weerszijden van het kanaal.

Het bij het onderzoek betrokken deel van het kanaal is gelegen tussen de sluis bij Eefde en Lochem, ook wel aangeduid als het gebied tussen km 4 en km 14, bijlage 1.

In deze nota zal verslag worden gedaan van de methode van onderzoek en de verkregen resultaten.

2. DE KANAALWEERSTAND

2.1. Algemeen

De kanaalweerstand is opgebouwd uit een bodemweerstand en een radiale weerstand. De bodemweerstand heeft in hoofdzaak betrekking op de verticale weerstand van het op de oorspronkelijke kanaalbodem gesedimenteerde materiaal. De verticale weerstand van direct onder de kanaalbodem incidenteel voorkomende leemlagen kan tevens een bijdrage leveren aan de bodemweerstand. De radiale weerstand is gerelateerd aan de radiale grondwaterstroming onder de kanaalbodem in het watervoerend pakket.

De kanaalweerstand kan worden berekend volgens:

$$c_k = B \Omega_k + c_b \quad (1)$$

waarbij: c_k = kanaalweerstand d
 B = kanaalbreedte m
 Ω_k = radiale weerstand d.m⁻¹
 c_b = bodemweerstand d

Voor de berekening van Ω_k kan gebruik worden gemaakt van hiervoor beschikbaar zijnde formules of de vierkantenmethode (ERNST, 1962). Daar verder B bekend is dienen voor de berekening van c_k met (1) nog gegevens te worden verzameld over de bodemweerstand c_b . De hiervoor gebruikte methode en verkregen gegevens zullen achtereenvolgens worden behandeld.

2.2. Bepalingsmethode voor c_b

De bodemweerstand is per definitie gelijk aan het quotiënt van de laagdikte en de verticale doorlatendheid van het op de oorspronkelijke kanaalbodem aanwezige materiaal. Gegevens over de doorlatendheid zijn verkregen door het nemen van ongestoorde bodemonsters en hieraan vervolgens de doorlatendheid te bepalen. Uit de profielopbouw van de boorkernen volgt een indicatie over de relevante laagdikte.

2.2.1. Doorlatendheidsmetingen

De kanaalbodem is om de halve kilometer volgens een bepaald patroon bemonsterd (fig. 1). Voor de markering van de lokaties waar de bemonstering is uitgevoerd is de kilometeraanduiding langs het kanaal aangehouden.

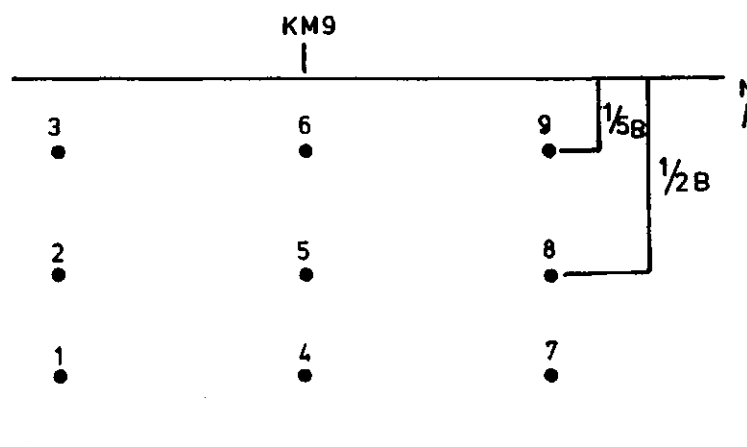


Fig. 1. Schema bemonstering bij km 9

Voor de bemonstering is gebruik gemaakt van slagvaste pvc-buis met een diameter van 45 mm. In figuur 2 zijn schematisch een aantal fasen van de bemonstering weergegeven. De bodemonsters zijn ter plaatse aan weerszijden afgedicht met tape. Uit vergelijkend veld- en laboratorium-onderzoek is vastgesteld dat de toegepaste wijze van bemonstering resultaten oplevert welke in redelijke overeenstemming zijn met die, verkregen uit veldonderzoek (DE RIDDER en WIT, 1965; WIT, 1967; WIJNSMA en WIT, 1970).

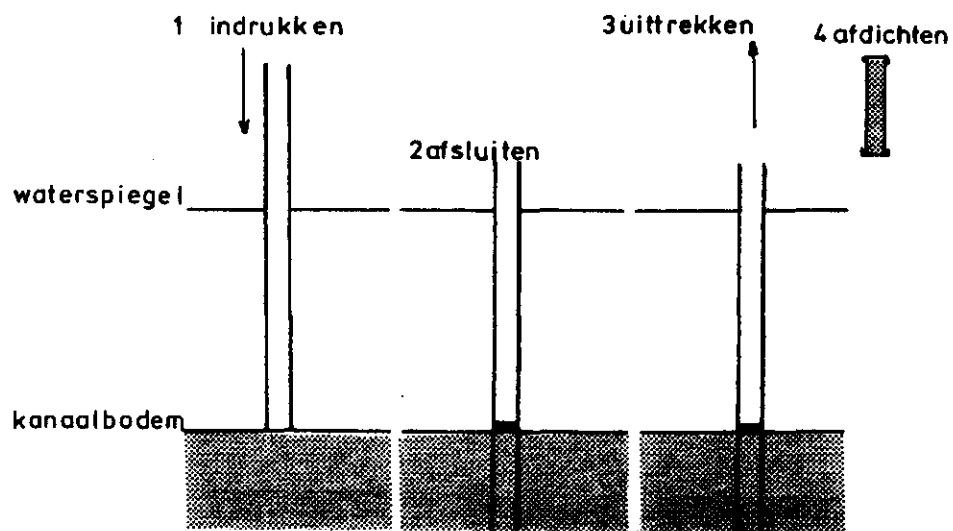


Fig. 2. Bemonstering kanaalbodem

Voor het bepalen van de doorlatendheid aan de bodemonsters in het laboratorium zijn twee meetmethoden toegepast, namelijk:

- metingen bij afnemende drukhoogte;
- metingen bij constante drukhoogte.

Bij de metingen bij afnemende drukhoogte is één waarde verkregen voor het gehele monster. De methode is toegepast voor de monsters 1, 2, 3, 7, 8 en 9 (fig. 1). De monsters zijn eerst verzadigd, door ze in een bak te plaatsen waarin het waterniveau in fasen is verhoogd zodat geen verstoring in de korrelstructuur is opgetreden. Wanneer boven het monster een laagje water verschijnt wordt de buis tot aan de rand bijgevuld en wordt vervolgens het niveau in de bak verlaagd (fig. 3). Afhankelijk van ondermeer de doorlatendheid van het bodemonster daalt de waterspiegel in de buis in meer of mindere mate. De buis wordt regelmatig weer bijgevuld tot de rand waarbij van belang zijn het tijdsinterval en de hoeveelheid toegevoegd water.

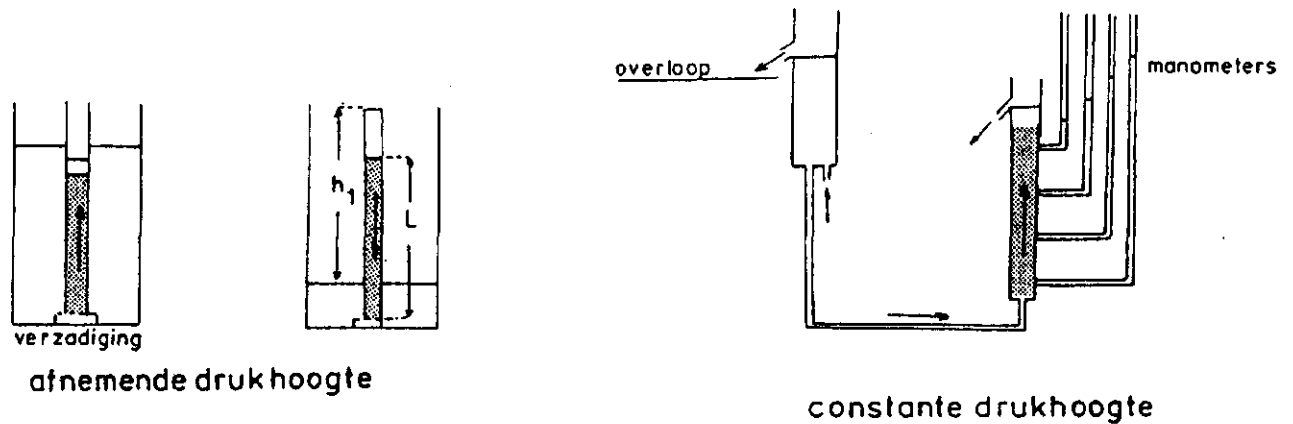


Fig. 3. Schematische afbeelding van de doorlatendheidsmetingen

De doorlatendheid kan worden berekend met (WIT, 1967):

$$k = 14,4 \frac{L}{(t_2 - t_1)} \ln \frac{h_1}{h_1 - Q/F} \quad (2)$$

waarbij: k	= doorlatendheid	m.d ⁻¹
h ₁	= afstand bovenkant buis tot niveau in bak	cm
F	= doorsnede monsterbuis	cm ²
L	= monsterlengte	cm
Q	= toegevoegde hoeveelheid water	cm ³
t ₂ -t ₁	= tijdsinterval	min

Aan de monsters 4, 5 en 6 is de doorlatendheid gedifferentieerd bepaald (fig. 3). De monsters zijn aan de onderzijde aangesloten op een overloopstelsel, hierdoor wordt in het monster een naar boven gerichte stroming teweeg gebracht. Aan de bovenzijde kan het afgevoerde water worden gemeten. Om de 10 cm zijn op het monster plastic buisjes aangesloten voor het meten van de drukhoogte.

De doorlatendheid kan worden berekend met:

$$k = 14,4 \frac{L Q}{(h_n - h_{n+1}) F} \quad (3)$$

waarbij: Q = afvoer $\text{cm}^3 \cdot \text{min}^{-1}$
 h_n = drukhoogte in manometer n cm
 (nummering manometers van boven naar onder)

In de bijlagen 2a tot en met 2u zijn de aan de bodemonsters bepaalde doorlatendheden weergegeven bij een temperatuur van 20°C. Correcties naar de veldsituatie in verband met een afwijkende temperatuur en dientengevolge een andere viscositeit zijn niet uitgevoerd. Hierbij kan worden opgemerkt dat 1°C verlaging globaal correspondeert met een afname van 2% van de doorlatendheid. De doorlatendheid is zowel gedifferentieerd als voor het gehele monster aangegeven. De bodemonsters 4,5 en 6 zijn gedifferentieerd onderzocht waarbij tegelijkertijd een doorlaatfactor voor het gehele monster is berekend. De doorlatendheid van de bodemonsters 1, 2, 3, 7, 8 en 9 is volgens de methode van de afnemende drukhoogte voor het gehele monster bepaald, uitgaande van deze waarde is vervolgens de gedifferentieerde doorlatendheid getaxeerd op grond van lithologische kenmerken en het totaal beeld van de uitgevoerde doorlatendheidsmetingen. Voor een beperkt aantal lokaties is bij een kleine waarde voor L van de bodemonsters 4, 5 en 6 een corresponderend bodemonster gedifferentieerd doorgemeten.

2.2.2. Berekening van de bodemweerstand

Voor de berekening van de bodemweerstand per lokatie is allereerst de verticale weerstand van elk bodemonster berekend met:

$$c_n = \frac{L_n}{k_n} \quad (4)$$

waarbij: c_n = verticale weerstand bodemonster d
 (voor de waarde van n zie fig. 1)

L_n = lengte bodemonster n m

k_n = verticale doorlatendheid bodemonster n $m \cdot d^{-1}$

De relatie tussen \bar{k} voor het gehele bodemonmonster en de gedifferentieerde doorlatendheid kan worden weergegeven door de betrekking:

$$\frac{L}{\bar{k}} = \frac{d_1}{k_1} + \frac{d_2}{k_2} + \dots + \frac{d_m}{k_m} \quad (5)$$

waarin: d_1, d_2, \dots, d_m = de laagdikte voorstelt (is 0,1 m)
 k_1, k_2, \dots, k_m = de verticale doorlatendheid ($m \cdot d^{-1}$) in de corresponderende lagen

In bijlage 3a tot en met 3c zijn de met (4) berekende verticale weerstanden van de bodemonsters weergegeven. Uit bijlage 2a tot en met 2u volgt dat niet in alle monsters de ongestoorde kanaalbodem is bereikt, naderhand zal hierop worden teruggekomen. De te gebruiken berekeningsmethode om een representatieve waarde voor de bodemweerstand c_b per lokatie te verkrijgen hangt nauw samen met de heterogeniteit van de kanaalbodem. Bij een homogene kanaalbodem komt dit tot uitdrukking in een normale verdeling van de c_n -waarden. In dit geval kan c_1 worden berekend met:

$$\frac{12}{c_1} = \frac{1}{c_1} + \frac{2}{c_2} + \frac{1}{c_3} + \frac{1}{c_4} + \frac{2}{c_5} + \frac{1}{c_6} + \frac{1}{c_7} + \frac{2}{c_8} + \frac{1}{c_9} \quad (6)$$

De indices in het rechterlid van (6) hebben betrekking op de monsterpunten per lokatie (fig. 1). Op grond van het toekennen van een groter kanaalbodemoppervlak aan de monsterpunten 2, 5 en 8 zijn de waarden voor deze punten twee keer genomen.

Op een aantal lokaties met overwegend hoge bodemweerstand zijn voor één of meer bemonsteringspunten extreem lage waarden voor c_n verkregen, bijlage 3a tot en met 3c. De betreffende bodemonsters bestaan veelal uit zandig materiaal. Wanneer uit het totaalbeeld van de bemonstering per lokatie geen directe aanwijzingen kunnen worden verkregen over het voorkomen van weerstandbiedende lagen beneden de bemonsteringsdiepte dient ter plaatse rekening worden gehouden met een lage bodemweerstand. Deze waarden zijn doorslaggevend bij de berekening van

c_1 met (6). Uit vergelijkend veld- en laboratoriumonderzoek betreffende de doorlatendheid blijkt dat bij scheve verdelingen de mediaanwaarde c_{1m} of het geometrisch gemiddelde c_{lg} beter aansluit bij veldomstandigheden (VAN HOORN, 1960; WIT, 1963). De mediaanwaarde c_{1m} volgt direct uit bijlage 3a tot en met 3c, hierbij zijn de monsterpunten 2, 5 en 8 dubbel geteld. Een waarde voor c_{lg} is berekend met:

$$\frac{1}{c_{lg}} = \sqrt[12]{\frac{1}{c_1} \times \frac{1}{c_2^2} \times \frac{1}{c_3} \times \frac{1}{c_4} \times \frac{1}{c_5^2} \times \frac{1}{c_6} \times \frac{1}{c_7} \times \frac{1}{c_8^2} \times \frac{1}{c_9}} \quad (7)$$

In tabel 1 zijn de waarden voor c_1 , c_{1m} en c_{lg} weergegeven.

Tabel 1. Berekende bodemweerstand

Lokatie km nr	c_1 d	c_{1m} d	c_{lg} d	c_{lg}^+ d
4	71,9	140,6	129,5	34,7
4,5	2,0	16,8	7,4	0,6
5	3,7	5,6	4,8	0,3
5,5	1,6	6,6	5,1	0,9
6	0,6	2,1	1,9	1,0
6,5	6,0	25,2	19,6	1,1
7	0,7	5,4	2,6	0,3
7,5	0,7	5,3	2,8	0,2
8	0,5	1,9	1,8	0,2
8,5	0,4	1,4	1,5	1,1
9	2,5	20,8	10,8	1,2
9,5	0,7	7,2	3,1	0,3
10	16,0	36,3	29,2	2,3
10,5	11,0	19,2	15,3	0,7
11	0,9	1,5	1,6	0,1
11,5	0,3	1,0	0,8	0,1
12	0,6	3,6	2,2	0,2
12,5	0,5	0,7	0,6	0,1
13	0,9	1,7	1,3	0,2
13,5	0,5	1,4	0,9	0,1
14	0,4	0,6	0,5	0,1

Bij een normale verdeling van de c_n waarden per lokatie is bij een geringe spreiding $c_1 \approx c_{1m} \approx c_{1g}$, in geval voor c_n 1 of 2 relatief lage waarden zijn berekend wordt voor c_1 ten opzichte van c_{1m} en c_{1g} een grote afwijking geconstateerd. Op grond van eerder genoemde reden geeft c_{1g} een redelijke benadering voor de bodemweerstand. In bijlage 4 is deze waarde weergegeven voor het onderzochte kanaalpand. Bij km 4 bedraagt c_{1g} meer dan 100 d; voor het overige varieert de bodemweerstand van 0,5 tot 30 d, waarbij in de richting van Lochem een afname in de bodemweerstand kan worden geconstateerd. De bodemweerstand op de lokaties km nr 9 tot en met km nr 10,5 past in dit opzicht niet in het patroon; uit de bodemkaart blijkt dat ter plaatse beekafzettingen voorkomen. De verklaring voor de plaatselijk hogere bodemweerstand zou kunnen zijn; enerzijds de aanwezigheid van bagger op de kanaalbodem en anderzijds het sedimentatieproces in vroegere beeklopen.

In de bijlagen 2a tot en met 2u is in de boorkolommen een indruk gegeven over de samenstelling van de bodemonsters. In het algemeen wordt bovenin de meeste bagger aangetroffen en wel in het bijzonder in de monsters uit het midden van het kanaal. Uit de doorlatendheidsmetingen blijkt dat met name de baggerlaagjes een bijdrage leveren aan de verticale weerstand. De algemene veronderstelling dat op de oorspronkelijke kanaalbodem door inspoeling van fijne deeltjes een meer of minder ondoorlatend laagje zou zijn ontstaan is door het uitgevoerde onderzoek niet bevestigd. Uit de gemeten doorlatendheden volgt een tendens van een grotere doorlatendheid met toenemende diepte. Met uitzondering van lokatie km 4 is op grond van alle meetresultaten in bijlage 5a het verloop van de doorlatendheid en de cumulatieve weerstand met de diepte aangegeven. Voor de afzonderlijke lokaties is uitgaande van de doorlatendheid onder in de bodemonsters de weerstand voor een laag van 1 m berekend, in tabel 1 is deze waarde aangegeven door c_{1g}^+ . De bodemweerstand blijkt slechts in geringe mate toe te nemen indien een laag van 1 m onder de bemonsteringsdiepte bij het onderzoek wordt betrokken.

Op grond van bepaalde kenmerken - zoals de aanwezigheid van baggerlaagjes, bepaalde ongerechtigheden zoals steenkool en dergelijke, een laagstructuur in het zandig sediment - is aangegeven in welke monsters het afdekkend en of watervoerend pakket is bereikt.

In de richting van Lochem komt duidelijk tot uiting dat de kanaalbodem (oorspronkelijk) tot in het watervoerend pakket reikt. Aangezien mede door oude waterlopen ter plaatse humeuze slibhoudende laagjes kunnen zijn ontstaan en voldoende inzicht in het gehele sedimentatieproces vanaf het ontstaan van het kanaal ontbreekt dient de aangegeven diepte van de oorspronkelijke kanaalbodem met enig voorbehoud te worden beschouwd.

Door de directie Overijssel is de hoogte van de kanaalbodem ter plaatse van de monsternamen opgemeten. In bijlage 5b zijn deze gegevens verwerkt.

3. DE HYDRAULISCHE WEERSTAND VAN HET AFDEKKEND PAKKET

3.1. Algemeen

In paragraaf 5.2. is de geohydrologische opbouw van de ondergrond schematisch weergegeven, bijlage 20. De watervoerende pakketten worden aan de bovenzijde begrensd door het afdekkend pakket, dit pakket scheidt in meer of mindere mate de grondwaterbewegingen aan het aardoppervlak en die in het 1e watervoerend pakket. De mate waarin dit plaats vindt hangt nauw samen met de hydraulische weerstand of c-waarde van het afdekkend pakket. De dikte van dit pakket varieert van circa 4 m tot 6 m bij Eefde tot 1,5 m tot 3 m in de richting van Lochem.

3.2. Methoden

Voor het verkrijgen van informatie over de ruimtelijke spreiding van de c-waarde is op 20 lokaties deze hydrologische grootheid bepaald. Bij de keuze van de lokaties is ondermeer rekening gehouden met de reeds aanwezige raaien peilbuizen en een aantal gebieden waar kweloverlast zou voorkomen. Naast de c-waarden op de bovengenoemde lokaties is gebruik gemaakt van gegevens verkregen uit het onderzoek naar het doorlaatvermogen van de watervoerende pakketten.

Samenvattend zijn de volgende methoden toegepast:

- infiltratieproeven op 20 lokaties, op een aantal lokaties zijn ongestoorde monsters verzameld waaraan tevens de doorlatendheid is bepaald. Hierdoor was het mogelijk om eveneens een indruk te verkrijgen van de c-waarde van minder goed doorlatende lagen boven het freatisch vlak;
- doorlatendheidsmetingen aan ongeroerde monsters op 3 lokaties, deze hebben betrekking op de uitgevoerde pulsboringen.

In bijlage 6 zijn de lokaties aangegeven.

3.3. De infiltratieproeven

3.3.1. Algemeen

Bij de infiltratieproeven is via geperforeerde buizen globaal ter hoogte van de grondwaterspiegel, water geïnfiltreerd in de ondergrond. Dit wordt gerealiseerd door in de infiltratiebuizen een peil van circa 20 cm boven de bestaande grondwaterstand te handhaven. Als gevolg van de infiltratie wordt ter plaatse de grondwaterspiegel verhoogd en wordt een meer of minder verticale stroming naar het watervoerend pakket geactiveerd (fig. 4).

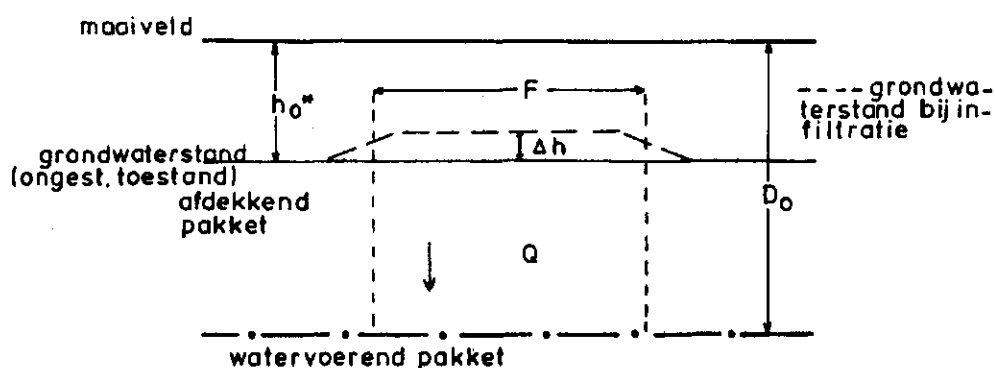


Fig. 4. Schematische doorsnede van de infiltratieproef

De c-waarde kan worden berekend met:

$$c = \Delta h \cdot \frac{F}{Q} \quad (8)$$

waarbij: c = hydraulische weerstand van het afdekkend pakket d

Δh = verhoging grondwaterstand als gevolg van de
infiltratie m

F = representatief oppervlak met verhoging Δh m²

Q = debiet geïnfiltreerd water m³.d⁻¹

In figuur 4 is verder de grondwaterstanddiepte h_0^* en de dikte D_0 van het afdekkend pakket aangegeven. Gezien de grote doorlatendheid van het watervoerend pakket wordt er vanuit gegaan dat de stijghoogte bovenin in dit pakket praktisch niet wordt beïnvloed door de infiltratieproef.

3.3.2. Inrichting van de infiltratieproeven

In een proefopstelling met 9 infiltratiebuizen is allereerst nagegaan of deze methode bruikbare gegevens oplevert voor het berekenen van de c-waarde. De uitvoering heeft plaats gevonden op lokatie nr 3; voor de hydraulische weerstand is een waarde verkregen van 18 d. Op grond van de verkregen resultaten en praktische overwegingen (benodigde mandagen per lokatie) is op de overige lokaties gewerkt met 4 infiltratiebuizen.

De verrichte werkzaamheden bij de infiltratieproeven hebben betrekking op de volgende onderdelen:

- een dag voor de inrichting van de infiltratieproef wordt ter plaatse een landbouwbuis geplaatst; uit de diepte van de grondwaterstand volgt een indicatie op welke diepte de infiltratiebuizen en waarnemingsfilters dienen te worden geplaatst;
- inrichting van de infiltratieproef
 - . in een vierkant - zijde 3 m - worden 4 gaten Ø 15 cm geboord tot globaal 30 cm onder de grondwaterspiegel ter plaatse. In deze boorgaten worden buizen met een diameter van 10 cm geplaatst waarvan de onderste 50 cm is geperforeerd. Het filter wordt vervolgens omstort met filtergrind;

- . voor het waarnemen van de grondwaterstand zijn peilbuizen geplaatst direct naast de infiltratiebuizen en verder volgens een schema zoals in fig. 5 is aangegeven. Het filter van de peilbuizen is gesteld op een diepte van 30 cm beneden de grondwaterspiegel;
- . beschrijving van de profielopbouw;
- . het nemen van ongestoorde monsters van globaal 0,5 m boven de grondwaterspiegel tot 0,5 m beneden de infiltratiebuizen; in deze monsters is de doorlatendheid bepaald volgens de methode met een afnemende drukhoogte (fig. 3);
- . installatie van een aanvoersysteem; in één van de infiltratiebuizen kan het gewenste peil worden geregeld met behulp van een vlotter met afsluiter, aanvoer vindt plaats vanuit een tank van 1000 l. De andere drie infiltratiebuizen worden via een hevelsysteem van water voorzien.
- . registratieapparatuur opstellen voor het opnemen van de grondwaterstand in één peilbuis en de neerslag.

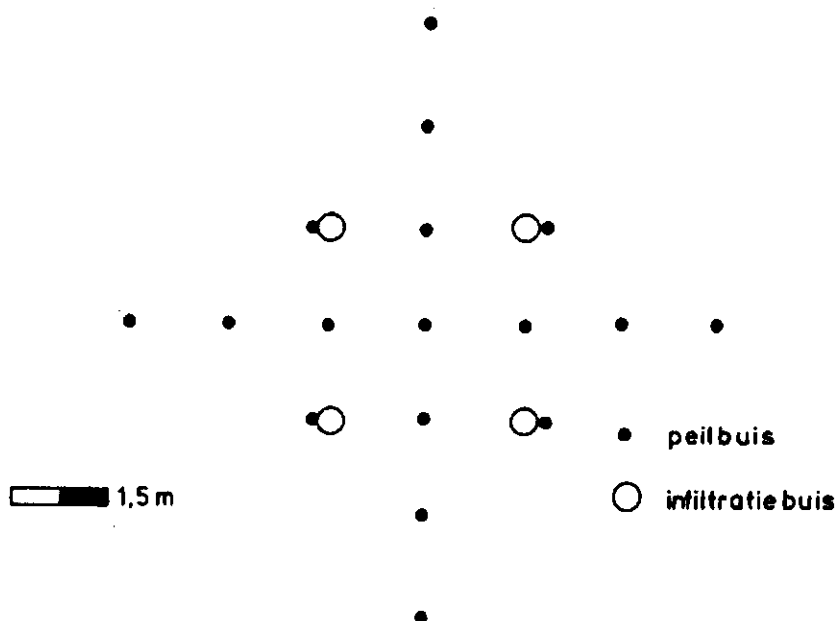


Fig. 5. Overzicht van infiltratie- en peilbuizen

3.3.3. Uitvoering van de infiltratieproeven

Voor de aanvang van de infiltratie wordt de grondwaterstand in alle peilbuizen opgenomen (nulsituatie). Tijdens de infiltratieproef zijn in het begin de grondwaterstanden en het debiet om het halve uur gemeten en naderhand om het gehele uur. Naast de genoemde registratie van één peilbuis direct bij een infiltratiebuis is verder één buis tussen de infiltratiebuizen frequenter waargenomen.

3.3.4. Berekening van de hydraulische weerstand

Het stromingsbeeld dat in de ondergrond als gevolg van de infiltratie ontstaat wordt in belangrijke mate bepaald door de anisotropie van de betrokken lagen. Hierbij kunnen de volgende twee extreme situaties worden onderscheiden:

- infiltratie in een homogene ondergrond;
- infiltratie in het afdekkend pakket waarbij onder de infiltratiezone meer of minder ondoorlatende lagen voorkomen.

In het eerste geval is vanaf een bepaalde waarde voor r (afstand tot het centrum van infiltratie) sprake van halfbolvormige equipotentiaalvlakken, de hoeveelheid water die door een dergelijk oppervlak stroomt is gelijk aan:

$$Q_r = 2\pi k r^2 \frac{dh}{dr} \quad (9)$$

Gezien de dikte en de hydrologische eigenschappen van het afdekkend pakket ten opzichte van die van het onderliggende watervoerende pakket heeft (9) een beperkte toepassing. Ingeval het afdekkend pakket bij benadering dezelfde doorlatendheid heeft als het watervoerend pakket is met (9) bij gegeven waarden voor Q_r en $\frac{dh}{dr}$ een k -waarde te berekenen. Uit het quotiënt van de dikte van het afdekkend pakket en de verkregen doorlatendheid volgt een indicatie omtrent de c -waarden. Het moge duidelijk zijn dat gezien de goede doorlatendheid van het watervoerend pakket de hydraulische weerstand praktisch gelijk aan nul is.

Bij infiltratie in het afdekkend pakket boven minder goed doorlatende lagen ontstaat een stromingsbeeld zoals in figuur 6 is weergegeven. De figuur is verkregen door superpositie van het afzonderlijke stromingsveld van de 4 infiltratiebuizen. Op een afstand ≥ 3 m tot het

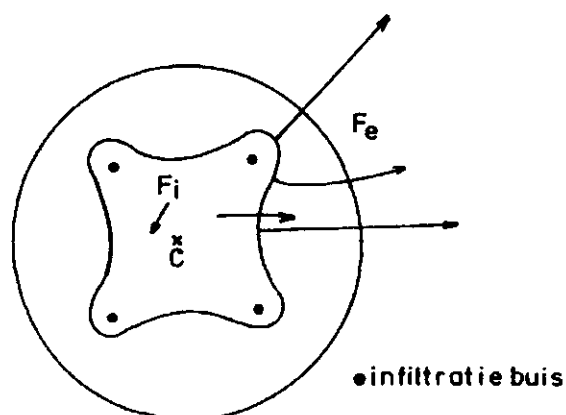


Fig. 6. Stromingsbeeld

centrum C van het infiltratiegebied kunnen cilindervormige equipotentiaalvlakken worden onderscheiden. Op grond hiervan is het beïnvloede gebied opgedeeld in een intern gedeelte F_i en een extern gedeelte F_e . Voor $r \geq 3$ m kan de stroming worden berekend met:

$$Q_r = 2\pi r kD \frac{dh}{dr} \quad (10)$$

verder geldt:

$$c = \frac{h_r}{v_{zr}} \quad (11)$$

Op de rand van het globaal vierkante infiltratiegebied in figuur 6 volgt uit de gemeten grondwaterstijging ter plaatse van de kruisraaien als benadering voor de gradiënt:

$$\frac{\bar{\Delta}h(1,5) - \bar{\Delta}h(3,0)}{1,5}$$

Voor het verkrijgen van een gemiddelde waarde op de rand van het 'vierkant' dient deze benadering te worden vermenigvuldigd met een factor 1,5. Deze factor kan met behulp van de vierkantenmethode worden afgeleid uit figuur 6. De omtrek van het globaal vierkante infiltratiegebied bedraagt 17 m, zodat de stroming op de rand van het vierkant kan worden berekend met:

$$Q_{vk} = 17 \times 1,5 \frac{[\bar{\Delta}h(1,5) - \bar{\Delta}h(3,0)]}{1,5} \times kD \quad (12)$$

Bij vervanging van het infiltratievierkant door een cirkelvormig gebied moet gelden:

$$Q_{vk} = Q_{ci} \quad \text{en} \quad \bar{\Delta}h_{vk} = \bar{\Delta}h_{ci}$$

Uit deze twee voorwaarden volgt dat de oppervlakte van het cirkelvormig gebied en het infiltratievierkant aan elkaar gelijk moeten zijn. De oppervlakte van het vierkant is 13 m^2 zodat voor de straal van het cirkelvormig gebied 2 m wordt verkregen.

Uit $Q_{vk} = Q_{ci}$ volgt:

$$17 \times 1,5 \frac{[\bar{\Delta}h(1,5) - \bar{\Delta}h(3,0)]}{1,5} \times kD = 2\pi \times 2 \frac{[\bar{\Delta}h(2,0) - \bar{\Delta}h(3,0)]}{1,0} \times kD$$

of

$$\bar{\Delta}h(2,0) = 1,35 \bar{\Delta}h(1,5) - 0,35 \bar{\Delta}h(3,0) \quad (13)$$

Met (13) kan uit de waarnemingen een gemiddelde stijging van de grondwaterstand voor het cirkelvormig gebied worden berekend. Uit de verkregen waarde en de waargenomen grondwaterstandsstijging in de overige buizen kan figuur 7 worden samengesteld. Als voorbeeld van de berekening is lokatie nr 11 beschouwd.

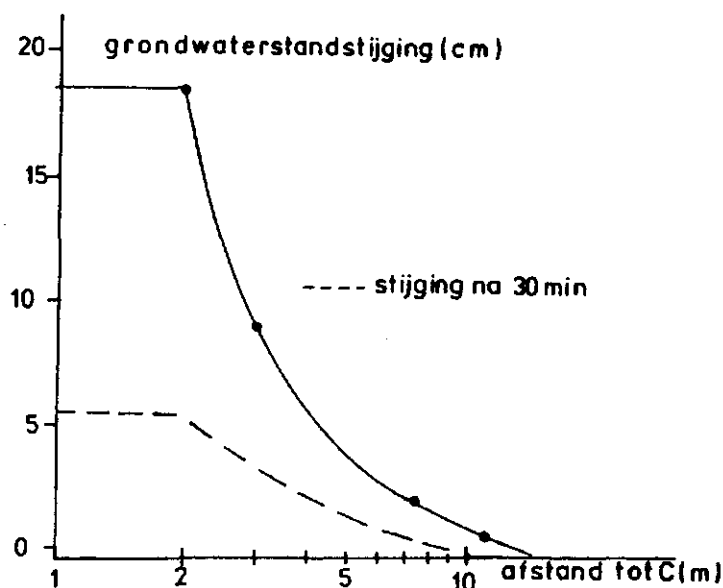


Fig. 7. Grondwaterstandsstijging in relatie met de afstand

Uit figuur 7 is figuur 8 verkregen waar de stijgingen lineair zijn weergegeven. Uit figuur 8 volgt voor het oppervlak $F_1 + F_e$: 616 m^2 en voor $\bar{\Delta}h$: $0,021 \text{ m}$. De laatstgenoemde waarde is verkregen door allereerst het totaal beïnvloede gebied in segmenten te verdelen. Sommatie van de produkten van de oppervlakte van ieder segment met de daarbij behorende grondwaterstijging en een deling door het totaal oppervlak levert de betreffende waarde. Het infiltratiedebiet was $0,60 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$. Substitutie van de waarden in (8) geeft:

$$c = 0,021 \times \frac{616}{0,6} = 22 \text{ d}$$

Bij een aantal proeven was aan het eind van de infiltratieperiode nog geen evenwicht bereikt, hetgeen betekent dat een gedeelte van het infiltratiedebiet moet worden toegerekend aan de berging. Informatie over de bergingscoëfficiënt μ is verkregen uit het infiltratiedebiet en het stijghoogteverloop in één peilbuis in de eerste 30 minuten alsmede de waargenomen stijging in alle peilbuizen na 30 minuten. Het geïnfiltreerde water Q_i dient te worden opgesplitst in een gedeelte dat is geborgen in het profiel en een gedeelte dat is geïnfiltreerd

naar het watervoerend pakket. Hiervoor kan de volgende betrekking worden opgesteld:

$$Q_{it} = \mu(F^1 \bar{\Delta}h_t) + \frac{a(F^1 \bar{\Delta}h_t)}{48c} \quad (14)$$

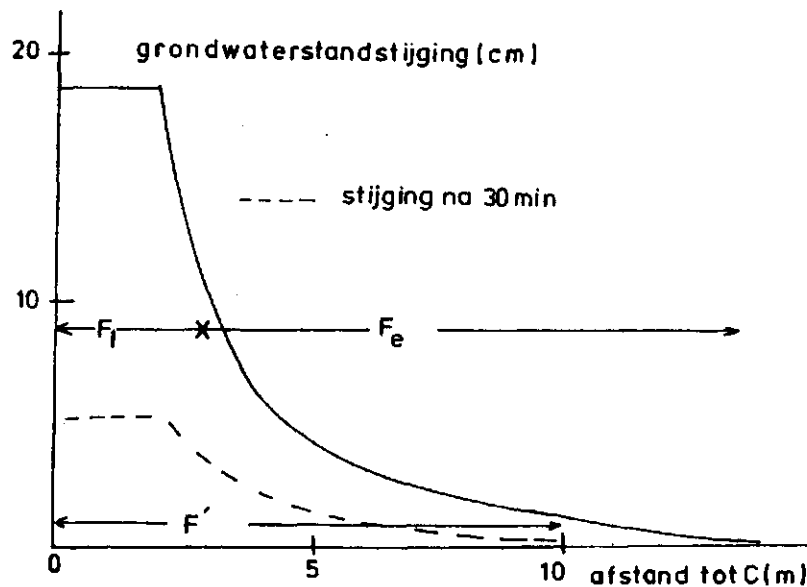


Fig. 8. Grondwaterstandstijging in relatie met de afstand

De waarde $\bar{\Delta}h_t$ heeft betrekking op de gemiddelde grondwaterstijging na een half uur infiltratie voor gebied F^1 . Uit figuur 8 volgt voor $\bar{\Delta}h_t$: 0,011 m en voor F^1 : 314 m². De factor a dient om een gemiddelde waarde tijdens het eerste half uur te berekenen; op grond van een frequent waargenomen peilbuis is voor deze factor 0,6 aangehouden. De in eerste instantie berekende c-waarde is 22 d. Substitutie van de bekende waarden in (14), waarbij voor Q_i : 0,03 m³ is gemeten, geeft:

$$\mu = \frac{0,03}{314 \times 0,011} - \frac{0,6}{48 \times 22} = 0,0081$$

De grondwaterstandstijging δh bedraagt aan het eind van de infiltratieperiode 1 mm.uur^{-1} of $0,024 \text{ m.d}^{-1}$. De hoeveelheid water die aan de berging moet worden toegerekend, bedraagt:

$$Q_b = 616 \times 0,024 \times 0,0081 = 0,12 \text{ m}^3.\text{d}^{-1}$$

De hoeveelheid water die naar het watervoerend pakket stroomt is gelijk aan $Q_i - Q_b = 0,48 \text{ m}^3.\text{d}^{-1}$, hetgeen minder is dan de in eerste instantie gebruikte waarde van $0,6 \text{ m}^3.\text{d}^{-1}$. Substitutie van $0,48 \text{ m}^3.\text{d}^{-1}$ in (8) geeft een c-waarde van 27 d, substitutie hiervan in (14) geeft vervolgens voor μ : 0,0082. De nieuw berekende waarde voor μ heeft praktisch geen invloed meer op Q_b , zodat het uiteindelijk resultaat is:

$$\bar{c} = 27 \text{ d}$$

$$\mu = 0,0082$$

$$Q_b = 0,12 \text{ m}^3.\text{d}^{-1}$$

De tot dusver berekende c-waarde heeft betrekking op het gehele beïnvloede gebied, dus $F_i + F_e$. Voor de afzonderlijke gebieden is eveneens een c-waarde berekend; dit is als volgt uitgevoerd. Op de grens van F_i en F_e gelden (10) en (11), zodat aan het eind van de infiltratieperiode de volgende vergelijking kan worden gebruikt:

$$2\pi r \text{ kD} \frac{dh}{dr} = Q_i - \left[\frac{\bar{\Delta}h(F_i) \times F_i}{\bar{c}} \right] - \left[\frac{\bar{\Delta}h(F_i) \times F_i}{\bar{\Delta}h \times (F_i + F_e)} \times Q_b \right] \quad (15)$$

Voor $\frac{dh}{dr}$, voor $r = 3 \text{ m}$ en voor $\bar{\Delta}h(F_i)$ volgt uit figuur 8 respectievelijk 0,052 en 0,156 m, $F_i = 28 \text{ m}^2$ en $\bar{\Delta}h$ - de gemiddelde stijging voor het gehele gebied - is 0,021 m. Substitutie van de aangegeven en overige bekende waarde in (15) geeft:

$$3 \times 2 \times 3,14 \times 0,052 \text{ kD} = 0,6 - \left[\frac{0,156 \times 28}{27} \right] - \left[\frac{0,156 \times 28}{0,021 \times 616} \times 0,12 \right]$$

$$0,98 \text{ kD} = 0,6 - 0,162 - 0,04$$

$$\text{kD} = 0,41 \text{ m}^2 \cdot \text{d}^{-1}$$

Met de verkregen kD-waarde is Q_r voor $r = 7,5 \text{ m}$ berekend, voor $\frac{dh}{dr}$ volgt uit figuur 8 0,006:

$$Q_{7,5} = 2 \times 3,14 \times 7,5 \times 0,006 \times 0,41 = 0,12 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$$

Voor de c-waarde berekening voor het gebied tussen $r = 3 \text{ m}$ en $r = 7,5 \text{ m}$ kan de volgende betrekking worden opgesteld:

$$Q_3 - Q_{7,5} = \pi (7,5^2 - 3^2) \left[\frac{\bar{\Delta h}'}{c} + \frac{\bar{\Delta h}' \times Q_b}{\bar{\Delta h}(F_c + F_e)} \right] \quad (16)$$

De waarde $\bar{\Delta h}^1$ voor de gemiddelde grondwaterstijging voor $3\text{m} < r < 7,5\text{m}$ kan uit figuur 8 worden verkregen. substitutie van de bekende waarden in (16) geeft:

$$0,40 - 0,12 = 3,14 \times 47,3 \left[\frac{0,038}{c^1} + \frac{0,038 \times 0,12}{0,021 \times 616} \right]$$

$$c^1 = 25 \text{ d}$$

Voor het gebied $r > 7,5 \text{ m}$ geldt de betrekking:

$$Q_{7,5} = [(F_i + F_e) - \pi \times 7,5^2] \left[\frac{\bar{\Delta h}''}{c} + \frac{\bar{\Delta h}'' \times Q_b}{\bar{\Delta h}(F_i + F_e)} \right] \quad (17)$$

Uit figuur 8 volgt voor $\bar{\Delta h}''$ 0,0068 m, substitutie van deze van de overige bekende waarden in (17) geeft:

$$0,12 = [616-177] \left[\frac{0,0068}{c} + \frac{0,0068 \times 0,12}{0,021 \times 616} \right]$$

$$c^r = 33 \text{ d}$$

Het uiteindelijke resultaat is een gemiddelde c-waarde van 27 d met een variatie van 25 tot 33 d.

Voor de overige lokaties is de berekening op dezelfde wijze uitgevoerd. Op een aantal lokaties was aan het eind van de infiltratieperiode een evenwichtsituatie bereikt. Op deze lokaties was Q_b gelijk nul. In bijlage 7a en 7b zijn de verkregen resultaten weergegeven.

3.4. Doorlatendheidsmetingen

Ter plaatse van 12 infiltratieproeven zijn ongestoorde grondmonsters genomen van globaal de laag 0,3 tot 1,9 m beneden maaiveld en in 3 pulsboringen van 1 tot 5,5 m diepte (bijlage 8a t/m 8e en 9). De bemonstering is op dezelfde wijze uitgevoerd als in figuur 2 is aangegeven.

Aan de monsters is volgens de methode van de afnemende drukhoogte (fig. 3) de doorlatendheid bepaald. Met (4) is vervolgens de verticale weerstand berekend. De uit de monsters verkregen waarden zouden in orde van grootte gelijk moeten zijn aan de uit de infiltratieproeven verkregen waarden indien de ondergrond een homogene opbouw heeft. Bij het plaatsen van de peilbuizen bij de infiltratieproeven is echter gebleken dat de profielopbouw een sterk wisselend karakter heeft, met name ten aanzien van het voorkomen van leemlagen. Met name in het oostelijk gedeelte komen boven de grondwaterspiegel plaatselijk klei- en leemlagen voor met een geringe doorlatendheid. De aanwezigheid van deze lagen kan eventueel schijngrondwaterspiegels veroorzaken. De uit de doorlatendheden verkregen c-waarden moeten dan ook eerder worden gezien als een aanvulling op de uitgevoerde infiltratieproeven. Hierbij kan ondermeer worden gedacht aan:

- welke lagen in het afdekkend pakket voornamelijk een bijdrage leveren aan de hydraulische weerstand;
- de c-waarde van het bodemprofiel boven het freatisch vlak.

Uit bijlage 9 blijkt dat voornamelijk de laag 1,0 tot 3,0 m beneden maaiveld een bijdrage levert aan de totale hydraulische weerstand van het afdekkend pakket. Uit een rapport van het Laboratorium voor Grondmechanica (LGM, 1986) volgt lithologische informatie tot een diepte van omstreeks 5 m op 10 lokaties langs het Twenthekanaal. In het algemeen komt de profielopbouw overeen met die van bijlage 9. Boring 38 ter hoogte van km 11,2 vertoont een afwijkend beeld, in deze boring worden op een diepte van 2 tot 4 m relatief veel veenlaagjes aangetroffen. Uit het c-waarden onderzoek zijn ter plaatse relatief hoge waarden verkregen.

In bijlage 8a tot en met 8e is een indruk gegeven omtrent de profielopbouw ter plaatse van de infiltratieproeven. Op 12 lokaties zijn ongestoorde monsters verzameld, waaraan de doorlatendheid is bepaald. Uit de verkregen doorlatendheden is een c-waarde berekend voor de bemonsterde laag boven en onder de grondwaterspiegel, de waarden zijn rechts van de profielen aangegeven. De waarden uit de infiltratieproeven zijn links van de boorprofielen vermeld. Uit een vergelijking van de c-waarden uit de infiltratieproeven met die uit de gemeten doorlatendheden blijkt dat het geometrisch gemiddelde van de eerste slechts 18% bedraagt van het geometrisch gemiddelde van de ongeroerde monsters. Een verklaring hiervoor zijn wellicht de dimensies van de ongestoorde monsters en het beïnvloede gebied bij de infiltratieproeven. Om een meer reële aansluiting te verkrijgen met de veldsituatie zijn de c-waarden van de bemonsterde lagen boven de grondwaterspiegel vermenigvuldigd met de reeds genoemde factor. In die gevallen waarin zich tussen halverwege het infiltratiefilter en de grondwaterspiegel een laag bevindt met een zeer geringe doorlatendheid zal deze laag niet tot uitdrukking komen in de gevonden c-waarde. Voor deze gevallen is tevens de c-waarde voor de laag tussen halverwege het infiltratiefilter en de grondwaterspiegel afgeleid uit de doorlatendheidsmetingen. De gevonden c-waarden zijn vermenigvuldigd met de eerder genoemde factor 0,18. Het betreft hier de lokaties 11, 12, 13, 14, 17, 18 en 20. De uiteindelijke c-waarde die is gebruikt voor de c-waardenkaart is afgeleid uit:

- c-waarden infiltratieproeven;
- c-waarden uit doorlatendheidsmetingen aan bodemlagen tussen midden infiltratiefilter en grondwaterspiegel;
- c-waarden uit doorlatendheidsmetingen aan bodemlagen boven de grondwaterspiegel.

De aldus verkregen hydraulische weerstanden zijn in twee klassen ingedeeld; 0-25 d en 25-75 d. Tevens zijn de geometrisch gemiddelden bepaald voor de onderscheiden klassen, deze bedragen respectievelijk 5 en 50 dagen. Op bijlage 10 zijn de gebieden weergegeven van de onderscheiden klassen. Hierbij is tevens gebruik gemaakt van de bodemkaart en beschikbare informatie over de opbouw van ondergrond (m.v. tot 5 m diepte) uit boorbeschrijvingen.

4. DE BODEMFYSISCH EIGENSCHAPPEN VAN DE BOVENGROND

4.1. Algemeen

De bodemfysische eigenschappen hebben betrekking op de $K(h)$ - en $\theta(h)$ -relaties van de voorkomende bodemprofielen. De diepte waarover deze relaties nodig zijn wordt bepaald door de maximaal voorkomende grondwaterstandsdiepte, in deze nota is hiervoor 3 m aangehouden. Om tot een bodemfysische karakterisering van de gronden te komen dienen de profiel- en textuurkenmerken te worden geanalyseerd. Voor het bodemprofiel tot een diepte van 1,20 m is gebruik gemaakt van de bodemkaart (schaal 1:50 000) van de Stiboka, kaartbladen 33 O en 34 W. Informatie over de laag van 1,20 tot 3,0 m is verkregen uit een rapport van het Laboratorium voor Grondmechanica (LGM, 1986).

Uit de bodemkaart volgt dat in het gebied 15 kaarteenheden voorkomen. Uit de toelichting bij de beschouwde kaartbladen zijn voor deze eenheden de dichtsbijzijnde profielbeschrijvingen gebruikt. In deze beschrijvingen wordt informatie verstrekt over de laagdikte, mate van grofheid en leem- en humusgehalte (bijlage 11a t/m 11c). Uit het genoemde rapport van het LGM zijn uit korrelverdelingsdiagrammen van boormonsters op 10 lokaties langs het kanaal profielen samengesteld voor de laag van 1,20 tot 3,0 m. In bijlage 11c zijn twee van de in

totaal vier onderscheiden profielen weergegeven. Op grond van de korrelgrootteverdeling van de twee beschouwde profielen mag worden verwacht dat uit de naderhand uit te voeren berekeningen zal blijken of meer aandacht aan de laag 1,20 tot 3,00 m dient worden besteed.

Uit de bijlagen 11a tot en met 11c volgt dat voor de bovengrond - veelal de wortelzone in het profiel - 5 bouwstenen zijn onderscheiden en voor de ondergrond 7 bouwstenen.

4.2. Methode

De indeling van het bodemprofiel in bouwstenen voor de bovengrond (Bn) en de ondergrond (On) is identiek aan die van de 'Staringreeks' (WÖSTEN e.a., 1986). In tabel 2 zijn de onderscheiden bouwstenen vermeld, het nummer van de bouwsteen is dezelfde als in de 'Staringreeks'.

Tabel 2. Bouwstenen voor de boven- en ondergrond

'Staringreeks' bouwsteen	Beuving bouwsteen
B1	B-010, B-01
B2	B-08
B3	B-B7, B-B8
B4	B-08
B8	B-B8
01	B-01, B-03, B-04
02	B-08
03	B-010
04	B-08
05	B-08
09	B-B8
010	B-B8

In de 'Staringreeks' worden ondermeer in tabelvorm gegevens verstrekt over de $K(h)$ - en $\theta(h)$ -relatie van de betreffende bouwstenen.

Met het programma CAPSEV (WESSELING e.a., 1984) is zowel voor de afzonderlijke bouwstenen als voor de hieruit samengestelde bodemprofielen de maximale capillaire flux berekend bij verschillende grondwaterstanden. Bij de berekeningen is een bewortelingsdiepte aangehouden van 30 cm en een zuigspanning van 1000 cm aan de onderkant van de wortelzone. Een zuigspanning van 1000 cm is aangehouden omdat bij hogere waarden hiervoor bij dezelfde grondwaterstand de capillaire opstijging veelal weinig meer toeneemt. Bij de bouwstenen is dus een homogeen profiel beschouwd vanaf maaiveld tot 3 m, de doorgerekende bodemprofielen hebben betrekking op de profielen tot 1,20 m volgens bijlage 11a tot en met 11c, zowel gecombineerd met O1 voor de laag 1,20 tot 3,00 m als met de bouwstenen O2 en O1, respectievelijk voor de lagen 1,20 tot 2,00 m en 2,00 tot 3,00 m, bijlage 11c. In de bijlagen 12a tot en met 12d zijn de resultaten van de berekeningen weergegeven. Uit bijlagen 12c en 12d volgt allereerst dat het weinig uitmaakt of voor de laag 1,20 tot 3,00 m alleen bouwsteen O1 wordt gebruikt of O2 en O1. Verder geven de curven een vrij gunstig beeld betreffende de capillaire opstijging; dit heeft aanleiding gegeven om na te gaan in welke mate deze resultaten worden ondersteund door waterbalansstudies bij vergelijkbare bodemprofielen. Uit een dergelijk onderzoek (WIT e.a., 1985), waarbij de $K(h)$ -relaties zowel zijn getoetst met SWATRE (BELMANS e.a., 1981) als met GELGAM (ROIJEN, 1983, 1984) blijkt dat de capillaire opstijging bij vergelijkbare bodemprofielen aanmerkelijk lager is. Deze conclusie heeft geleid tot een herhaling van de in het voorgaande gevolgde procedure. De bouwstenen in bijlage 11a tot en met 11c en in tabel 2 zijn vervangen door bouwstenen zoals deze door BEUVING (1984) zijn gedefinieerd. Aangezien de bouwstenen uit de 'Staringreeks' niet identiek zijn aan die van 'Beuving' was het in een enkel geval noodzakelijk om meerdere bouwstenen uit de 'Staringreeks' te vervangen door één bouwsteen van 'Beuving'. Daarnaast deed zich echter ook de mogelijkheid voor om één bouwsteen uit de 'Staringreeks' op te splitsen in meerdere bouwstenen van 'Beuving'. Met de door 'Beuving' gegeven $K(h)$ - en $\theta(h)$ -relaties zijn met CAPSEV nogmaals dezelfde berekeningen uitgevoerd als voor de bouwstenen uit de 'Staringreeks'. In bijlage 13a tot en met 13d zijn de verkregen resultaten weergegeven. In bijlage 13c en 13d komt even-

als in bijlage 12c en 12d tot uiting dat het effect van bouwsteen B-01 voor de laag 1,20 tot 3,00 m of B-08 voor 1,20 tot 2,00 m en B-01 voor 2,00 tot 3,00 m praktisch van geen betekenis is. Dit houdt in dat voor de laag van 1,20 tot 3,00 m voor het gehele gebied één bouwsteen kan worden aangehouden. Uit bijlage 13c en 13d volgt dat de capillaire opstijging aanmerkelijk lager is dan bij de met bouwstenen uit de 'Staringreeks samengestelde profielen. De curven vertonen verder een redelijke mate overeenstemming met die uit het onderzoek langs de Zuid-Willemsvaart (WIT e.a., 1985).

4.3. Bodemfysische eenheden

Voor de indeling van de bodemprofielen in bodemfysische eenheden is uitgegaan van bijlage 13c. Het hierbij gevolgde criterium is de spreiding in grondwaterdiepte bij een flux van 1 en 3 mm.d⁻¹. In bijlage 14, identiek aan bijlage 13c, is aangegeven dat de bodemprofielen zijn ingedeeld in drie groepen of bodemfysische eenheden. De kaarteenheid B-Zn21 vertoont bij een flux van 1 mm.d⁻¹ een relatief grote afwijking bij de voorgestelde indeling. Aangezien de oppervlakte van deze eenheid slechts 6 ha is, zal de afwijking in het totaalbeeld een beperkte invloed hebben. Voor de groepen of bodemfysische eenheden is uitgaande van de betreffende kaarteenheid een representatief profiel samengesteld. In bijlage 15 is voor bodemfysische eenheid nr 2 aangegeven op welke wijze dit is uitgevoerd.

In bijlage 16 is voor de onderscheiden bodemfysische eenheden de laagopbouw en de daarvoor geldende bouwsteennummers aangegeven.

In bijlage 17a en b zijn in tabelvorm respectievelijk de K(h)- en θ(h)-relaties weergegeven.

In bijlage 18 is de verbreiding van de bodemfysische eenheden aangegeven.

Door RWS zullen de effecten van de verbreiding van het kanaal worden berekend met het grondwatermodel GELGAM. In dit model wordt de K(h)-relatie als volgt gedefinieerd.

$$\begin{aligned}
 K(h) &= K(o) & |h| &\leq |h_a| \\
 K(h) &= K(o) e^{-\alpha(|h| - |h_a|)} & |h_a| &< |h| < |h|_{lim} \\
 K(h) &= a|h|^{-1,4} & |h| &\geq |h|_{lim}
 \end{aligned}$$

Voor elke type ondergrond of bodemfysische eenheid wordt één $K(h)$ -relatie gebruikt voor de onverzadigde zone tussen bewortelingsdiepte en grondwaterspiegel. Aangezien twee bewortelingsdiepten, namelijk 30 en 60 cm, zijn onderscheiden dienen uit bijlage 16 en 17a 6 $K(h)$ -relaties te worden bepaald. Daar de grondwaterstand in het gebied overwegend niet beneden 1,20 m - maaiveld komt is afhankelijk van de diepte van de wortelzone de laag 30-120 of 60-120 beschouwd. Van de betreffende bouwstenen uit bijlage 17a of gedeelten daarvan is het gewogen gemiddelde bepaald voor de 13 waarden voor K en h . De verkregen waarden zijn uitgezet op dubbel logaritmisch papier, waarna de $K(h)$ -relatie is vastgesteld zoals deze hierboven is gedefinieerd. In bijlage 19 zijn de verkregen parameters gegeven. De benodigde $\theta(h)$ -relaties kunnen veelal zonder meer worden verkregen uit bijlage 17b, bij een bewortelingsdiepte van 60 cm dienen een aantal bouwstenen of gedeelten daarvan te worden samengevoegd. In dit geval wordt eveneens weer het gewogen gemiddelde gebruikt. In een enkel geval was de $K(h)$ -relatie niet ideaal weer te geven door de in GELGAM gebruikte functies.

5. HET DOORLAATVERMOGEN VAN DE WATERVOERENDE PAKKETTEN

5.1. Algemeen

Op grond van literatuurgegevens en vijf uitgevoerde pulsboringen tot een diepte van maximaal 52 m is de ondergrond geschematiseerd in watervoerende pakketten en scheidende lagen. Het complex van lagen van waaruit een wisselwerking mogelijk is met de situatie aan het aardoppervlak, het hydrologisch pakket, wordt aan de onderzijde afgesloten door de hydrologische basis.

Van de aangetroffen watervoerende pakketten tot een diepte van 50 m is het doorlaatvermogen of de kD -waarde bepaald. De gevolgde methode omvat taxaties van een aantal parameters in de boormonsters, afleiding hiervan uit beschikbare boorbeschrijvingen en het gebruik maken van een gegeven relatie tussen de doorlaatfactor k en de betreffende parameters, alsmede de beschouwde laagdikte D . De parameters zijn: het specifiek oppervlak (U -cijfer) van de zandkorrels, betrekking hebbende

op de diameter van de korrels, de sortering of spreiding (a), het slibgehalte (b) en het grindgehalte (c). De doorlaatfactor is te berekenen met de volgende betrekking:

$$k = \frac{C}{U^2} \cdot a \cdot b \cdot c \quad (18)$$

waarin C een constante voorstelt, die voornamelijk afhankelijk is van het poriënvolume, de vorm en de oriëntatie van de korrels. Indien geen kD-waarden uit pompproeven beschikbaar zijn wordt voor C veelal 54 000 aangehouden. Voor de toepassing van de correctiefactoren a, b en c is gebruik gemaakt van tabellen, empirisch vastgesteld door ERNST in 1955 aan de hand van metingen aan monsters (DE RIDDER en WIT, 1965). Met een computerprogramma wordt bij invoer van de correctiefactoren en de laagdikte D direct de kD-waarde verkregen. De betrouwbaarheid van de methode kan worden beïnvloed door de gebruikte boormethode en de mate van nauwkeurigheid waarmee de boringen zijn beschreven. Hoge percentages grind kunnen leiden tot extreem hoge k-waarden, in dit geval is van belang of er sprake is van grindnesten of meer verbreide grindlagen.

5.2. Geohydrologische schematisering

Het beschouwde gebied is gelegen aan de oostzijde van het IJsseldal. De definitieve basis van het hydrologisch pakket wordt gevormd door de tertiaire kleilagen, behorende tot de Formatie van Breda. De diepte waarop deze lagen worden aangetroffen bedraagt volgens GROOTJANS (1984) ter plaatse van Laren 50 m- en bij Zutphen 125 m-NAP (VAN REES VELLINGA en DE RIDDER, 1973).

Geohydrologisch kan de ondergrond tussen maaiveld en de hydrologische basis worden verdeeld in de volgende onderdelen (bijlage 20):

1. Afdekkend pakket; in het westen varieert de dikte hiervan van 4 tot 6 m, in oostelijke richting neemt de dikte af tot 1,5 à 3 m. De afzettingen bestaan uit slibhoudende fijne zanden met overwegend bovenin plaatselijk veen- en leemlagen (Formatie van Twenthe).
2. Eerste watervoerend pakket; dit pakket bestaat uit grove grindhoudende zanden. De laagdikte bedraagt globaal 10 m en de onderkant is gelegen op een diepte van 15 m - maaiveld (Formatie van Kreftenheye).

3. Eerste scheidende laag; op een diepte van 15 m is plaatselijk een kleilaag aangetroffen die in dikte varieert van 0,5 tot 2,5 m (Eemformatie) (bijlage 21).
4. Tweede watervoerend pakket; dit pakket bestaat uit grove grindrijke lagen. Het reikt tot een diepte van 40 à 50 m. Wanneer de eerste scheidende laag ontbreekt dienen het eerste en tweede watervoerende pakket te worden samengevoegd (Formaties van Kreftenheye en Drenthe).
5. Tweede scheidende laag; deze laag bestaat hoofdzakelijk uit klei- en leemlagen (Formatie van Drenthe). Bij Eefde bedraagt de dikte circa 20 m, in oostelijke richting wiggen de lagen uit. De uiterste begrenzing ligt globaal bij km 11 (bijlage 21).
6. Derde watervoerend pakket; dit pakket heeft een zeer wisselende samenstelling, overwegend bestaat het uit slibarme fijne tertiaire zanden. De beschikbare informatie over dit pakket is beperkt. In het oostelijk gedeelte waar de eerste en tweede scheidende lagen ontbreken kan het eerste, tweede en derde watervoerend pakket als één geheel worden beschouwd.

De bepaling van de kD -waarde is uitgevoerd voor het eerste en tweede watervoerend pakket; alleen ten oosten van km 11 is een waarde voor k_3D_3 benaderd, gebaseerd op een benadering voor D_3 en de korrelgrootteverdeling van de tertiaire zanden die enkele meters zijn doorboord.

Met betrekking tot de verbreiding van de eerste en tweede scheidende laag is het opvallend dat in boring M 271 de tweede scheidende laag ontbreekt en de tertiaire zanden op een geringere diepte zijn aangetroffen dan zou mogen worden verwacht (bijlage 21).

5.3. kD -waarden

Voor de bepaling van het doorlaatvermogen of kD -waarde van de watervoerende pakketten is gebruik gemaakt van zeven boringen met een maximale diepte van 55 m. Dit betreft de boringen M 268 tot en met M 272 die in het kader van dit onderzoek zijn uitgevoerd alsmede een vroegere ICW-boring M 188 en boring Gorssel II die indertijd is beschreven door het ICW. De lokatie van de betreffende boringen is aangegeven op bijlage 21.

De recent uitgevoerde boringen zijn lithologisch beschreven waarbij een aantal parameters betreffende de korrelgrootteverdeling zijn getaxeerd. Volgens de in paragraaf 5.1 behandelde methode is vervolgens het doorlaatvermogen van de watervoerende pakketten verkregen (bijlage 22a t/m 22g). Zoals reeds eerder is opgemerkt kunnen hoge percentages grind leiden tot extreem hoge doorlatendheden en dientengevolge tevens tot zeer hoge k_D -waarden. Aangezien dit meestal grindnesten betreft en geen doorlopende grindlagen is een maximale waarde van 100 m.d^{-1} voor de doorlatendheid voor deze lagen gehanteerd.

In aansluiting op de geohydrologische schematisering (bijlage 20) en de verbreiding van de scheidende lagen (bijlage 21) is het traject tussen Eefde en Lochem in drie gedeelten opgesplitst. Voor elk deel is het gemiddeld doorlaatvermogen bepaald voor zowel het eerste als het tweede watervoerende pakket (bijlage 23). Voor het oostelijk gelegen deel waar de eerste en tweede scheidende laag ontbreekt en de basis van het derde watervoerende pakket niet is bereikt is een waarde voor k_3D_3 getaxeerd op grond van de totale dikte en de doorlatendheid van het enige meters diep aangeboorde watervoerend pakket. In het midden-gedeelte kunnen drie watervoerende pakketten worden onderscheiden, bij M 271 is echter de tweede scheidende laag niet aangetroffen. Dit zou kunnen betekenen dat ter plaatse het derde watervoerende pakket van invloed is. In het westelijk gelegen deel is aan de noordzijde van het kanaal de eerste scheidende laag aangetroffen, aan de zuidkant (Gorssel II) ontbreekt deze echter. Het voorgaande betekent dat aan de noordkant het eerste en tweede watervoerend pakket van elkaar zijn gescheiden terwijl aan de zuidkant sprake is van één watervoerend pakket. In het gebied waar de 1e scheidende laag wordt aangetroffen, kan de kwelstroming vanuit het kanaal aanzienlijk worden beïnvloed door het meer of minder diep heien van de stalen damwand.

6. SAMENVATTING

Op verzoek van de Rijkswaterstaat, directie Overijssel, is een onderzoek uitgevoerd naar hydrologische en bodemfysische parameters in de omgeving van het hoofdkanaal van de Twenthekanalen tussen Eefde en

Lochem. De betreffende parameters zullen worden gebruikt bij een modelmatige berekening van de toename van de kwel tengevolge van de voorgenomen verruimingswerkzaamheden ten behoeve van de waterafvoer. Hierbij zullen tevens de effecten voor de aanliggende landbouwgronden worden bepaald en zal naar oplossingen worden gezocht om de kwel te verminderen dan wel om de gevolgen ervan op andere wijze op te heffen.

Van de kanaalbodem zijn op uitgebreide schaal ongeroerde monsters verzameld waaraan de doorlatendheid is bepaald. Hierdoor is niet alleen informatie verkregen over de bodemweerstand maar tevens over de samenstelling van het bodemmateriaal. Direct bij de sluis bij Eefde is vanwege een dikke baggerlaag een bodemweerstand van circa 150 d gevonden. Voor het overige deel varieert de bodemweerstand van 1 tot 30 d met een tendens naar een afnemende weerstand in de richting van Lochem. In het algemeen leveren dunne baggerlaagjes op de kanaalbodem de grootste bijdrage aan de bodemweerstand. Bij het uitvoeren van baggerwerk en eventuele verruimingswerkzaamheden dient rekening te worden gehouden met een belangrijke afname van de bodemweerstand gedurende onbepaalde tijd.

De hydraulische weerstand van het relatief dun afdekkend pakket is bepaald door middel van infiltratieproeven en uit doorlatendheidsmetingen aan ongeroerde monsters. In het westelijk deel varieert de c-waarde van 0-25 d, in het oostelijk deel komen plaatselijk waarden voor van 25-75 d. In dit deel zijn tevens boven de grondwaterspiegel op een aantal lokaties leemlagen aangetroffen met een relatief hoge c-waarde. Het is niet duidelijk geworden welke verbreiding deze leemlagen hebben en in welke mate ze de afvoer van het neerslagoverschot kunnen stagneren.

Uitgaande van de bodemkaart en gegevens van boringen tot 5 m diepte is een overzicht samengesteld van de zogenaamde bouwstenen op grond van textuurkenmerken. Voor deze bouwstenen zijn $K(h)$ - en $\theta(h)$ -relaties afgeleid uit literatuurgegevens. Met het programma CAPSEV zijn capillaire fluxen berekend voor de aangetroffen kaarteenheden gecombineerd met een tweetal verschillende ondergronden. Als criterium voor het samenvoegen van een aantal kaarteenheden tot bodemfysische eenheden is overwegend een spreiding van 10 tot 20 cm in de grondwaterstandsdiepte aangehouden bij fluxen van 1 en 3 mm.d⁻¹. Voor de

drie onderscheiden bodemfysische eenheden zijn voor de bouwstenen waaruit deze zijn samengesteld $K(h)$ - en $\theta(h)$ -relaties berekend. Ten behoeve van de invoer voor GELGAM zijn twee bewortelingsdiepten beschouwd, namelijk 30 en 60 cm. Voor het resterende deel van de onverzadigde zone zijn constanten bepaald voor de $K(h)$ -relatie zoals deze voor de invoer van GELGAM is gedefinieerd. Hierbij dient te worden opgemerkt dat in een enkel geval de $K(h)$ -relatie niet ideaal was weer te geven door de in GELGAM gebruikte functies.

Uit een aantal uitgevoerde pulsboringen aangevuld met gegevens van bestaande boringen is de ondergrond geschematiseerd in watervoerende pakketten en scheidende lagen. Voor de watervoerende pakketten tot een diepte van 50 m is het doorlaatvermogen of kD -waarde berekend op grond van de korrelgrootteverdeling. Voor de hydraulische weerstand van de eerste en tweede scheidende laag is geen waarde vastgesteld. In het westelijk deel, waar met name in sterke mate sprake is van een potentieel kwelgebied, kan de verbreiding en de hydraulische weerstand van de eerste scheidende laag van betekenis zijn voor de kwelstroming vanuit het kanaal. Bij een weerstand van enige betekenis voor deze laag dient immers alleen rekening te worden gehouden met het eerste watervoerende pakket in de omgeving van het kanaal. Daarnaast kan het meer of minder diep heien van stalen damwanden bij de verruimingswerkzaamheden de kwelstroming vanuit het kanaal aanzienlijk beïnvloeden.

LITERATUUR

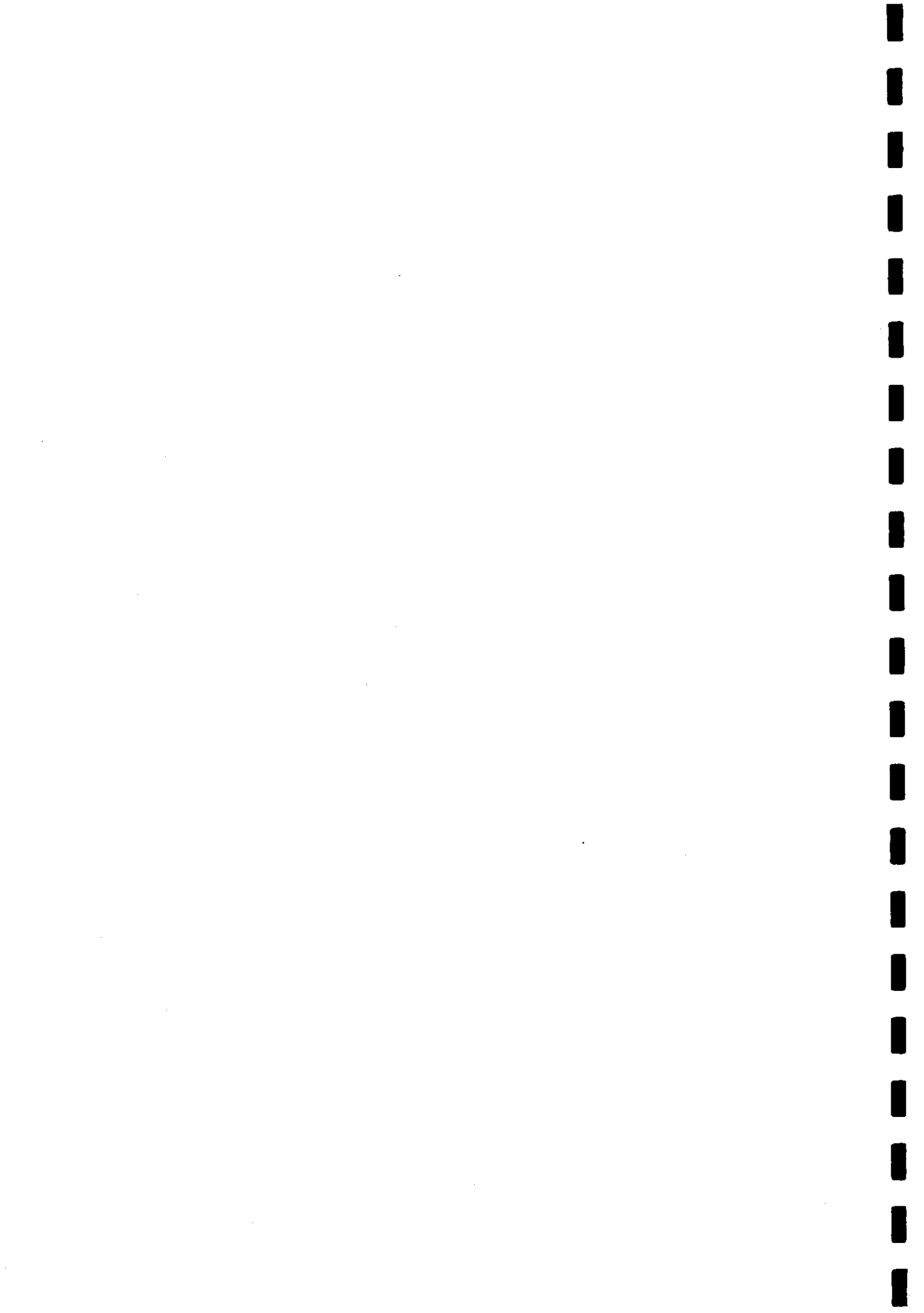
- BELMANS, C., J.G. WESSELING and R.A. PEDDES, 1981. Simulation model of the water balance of a cropped soil providing different types of boundary conditions (SWATRE). ICW nota 1257.
- BEUVING, J., 1984. Vocht- en doorlatendheidskarakteristieken, dichtheid en samenstelling van bodemprofielen in zand-, zavel-, klei- en veengronden. Rapport ICW 10.
- ERNST, L.F., 1962. Grondwaterstromingen in de verzadigde zone en hun berekening bij aanwezigheid van horizontale evenwijdige open leidingen. Versl. Landbouwk. Onderz. 67.15.

- GROOTJANS, P., 1984. De geohydrologische beschrijving van de provincie Gelderland. Dienst Grondwaterverkenning TNO, Delft/Dienst waterbeheer provincie Gelderland, Arnhem.
- HOORN, J.W. VAN, 1960. Grondwaterstroming in komgrond en de bepaling van enige hydrologische grootheden in verband met het ontwateringssysteem. Versl. Landbouwk. Onderz. 66.10.
- LGM, 1986. Twenthekanalen-Hoofdkanaal, verruimen kanaalprofiel tussen Eefde en Bolksbeek. Grondonderzoek ten behoeve van het bepalen van de kwel. CO-282950/11.
- REES VELLINGA, E. VAN and N.A. DE RIDDER, 1973. Notes on the Tertiary and Pleistocene geology of East Gelderland, The Netherlands. Techn. Bull. ICW 85.
- RIDDER, N.A. DE and K.E. WIT, 1965. A comparative study on the hydraulic conductivity of unconsolidated sediments. J. Hydrol. 3: 180-206. Techn. Bull. ICW 42.
- ROYEN, E.M.E., 1983. Berekening verandering grondwaterstanden ten gevolge van de verbetering van de Zuid-Willemsvaart in het traject Den Dungen-Erp. RWS nota 83.7.
- 1984. Berekening verandering grondwaterstanden ten gevolge van de verbetering van de Zuid-Willemsvaart op het traject Helmond-Nederweert en bij de omleiding Den Bosch. RWS. Nota 84.13.
- WESSELING, J.G., G.W. BLOEMEN and W.A.J.M. KROONEN, 1984. Computer Program "CAPSEV" to calculate:
1. Soil hydraulic conductivity from grain size distribution.
 2. Steady state water flow in layered soil profiles.
- ICW nota 1500.
- WIT, K.E., 1963. Meting van de doorlatendheid in ongeroerde monsters. Rapport ICW 17.
- 1967. Apparatus for measuring hydraulic conductivity of undisturbed soil samples. Am. Soc. Testing Mats. p. 72. Techn. Bull. ICW 52.
- E. VAN REES VELLINGA en J.G. TE BEEST, 1985. De mogelijke invloed voor de landbouw van de voorgenomen verbeteringen van de Zuid-Willemsvaart. ICW nota 1607.

- WÖSTEN, J.H.M., M.H. BANNINK en J. BEUVING, 1986. Waterretentie- en doorlatendheidskarakteristieken van boven- en ondergronden. De Staringreeks. Rapport ICW 18.
- WIJNSMA, M. en K.E. WIT, 1970. Het nemen van ongestoorde grondkolommen. Cultuurtechn. Tijdschrift 10,3. Verspreide Overdrukken ICW 110.

LIJST MET BIJLAGEN

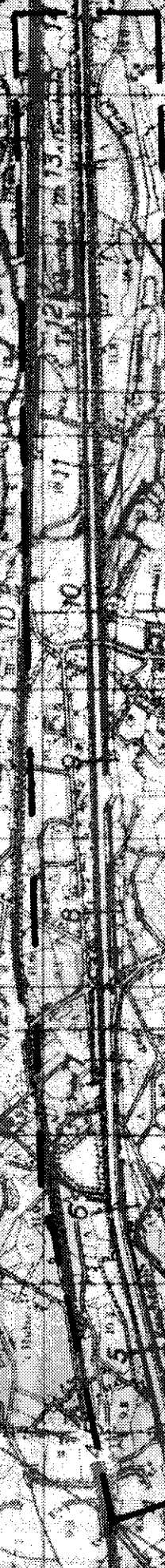
Bijlage 1	Overzichtkaart
Bijlage 2a t/m 2u	Doorlatendheden bodemmonsters
Bijlage 3a t/m 3c	Bodemweerstand in dagen
Bijlage 4	Bodemweerstand Twenthekanaal
Bijlage 5a	Doorlatendheid in relatie met de diepte
Bijlage 5b	Diepte kanaalbodem ter plaatse van de uitgevoerde bemonstering
Bijlage 6	Lokatiekaart c-waardenonderzoek
Bijlage 7a en 7b	Resultaten infiltratieproeven
Bijlage 8a t/m 8e	Profielen c-waarden lokaties en doorlatendheden
Bijlage 9	Profielen boorlokaties en doorlatendheden
Bijlage 10	Kaart met hydraulische weerstanden van het afdek- kend pakket
Bijlage 11a t/m 11c	Bodemprofielen en bouwstenen
Bijlage 12a t/m 12d	Capillaire fluxen, berekend voor bouwstenen en profielen op grond van de 'Staringreeks'
Bijlage 13a t/m 13d	Capillaire fluxen, berekend voor bouwstenen en profielen op grond van 'Beuving'
Bijlage 14	Samenstelling bodemfysische eenheden
Bijlage 15	Het samenstellen van bodemfysische eenheden
Bijlage 16	Laagindeling bodemfysische eenheden en bouwstenen
Bijlage 17a en 17b	K(h)- en $\theta(h)$ -relaties van de bouwstenen van de bodemfysische eenheden
Bijlage 18	Kaartindeling bodemfysische eenheden
Bijlage 19	Constanten voor de berekening van het capillair geleidingsvermogen
Bijlage 20	Geohydrologische schematisering
Bijlage 21	Verbreiding van de eerste en tweede scheidende laag
Bijlage 22a t/m 22g	Het doorlaatvermogen van de aangeboorde watervoe- rende pakketten
Bijlage 23	Hydrologische bodemconstanten, weergegeven in het geohydrologisch schema



Overzichtkaart

Bijlage 1

sluis ceefde

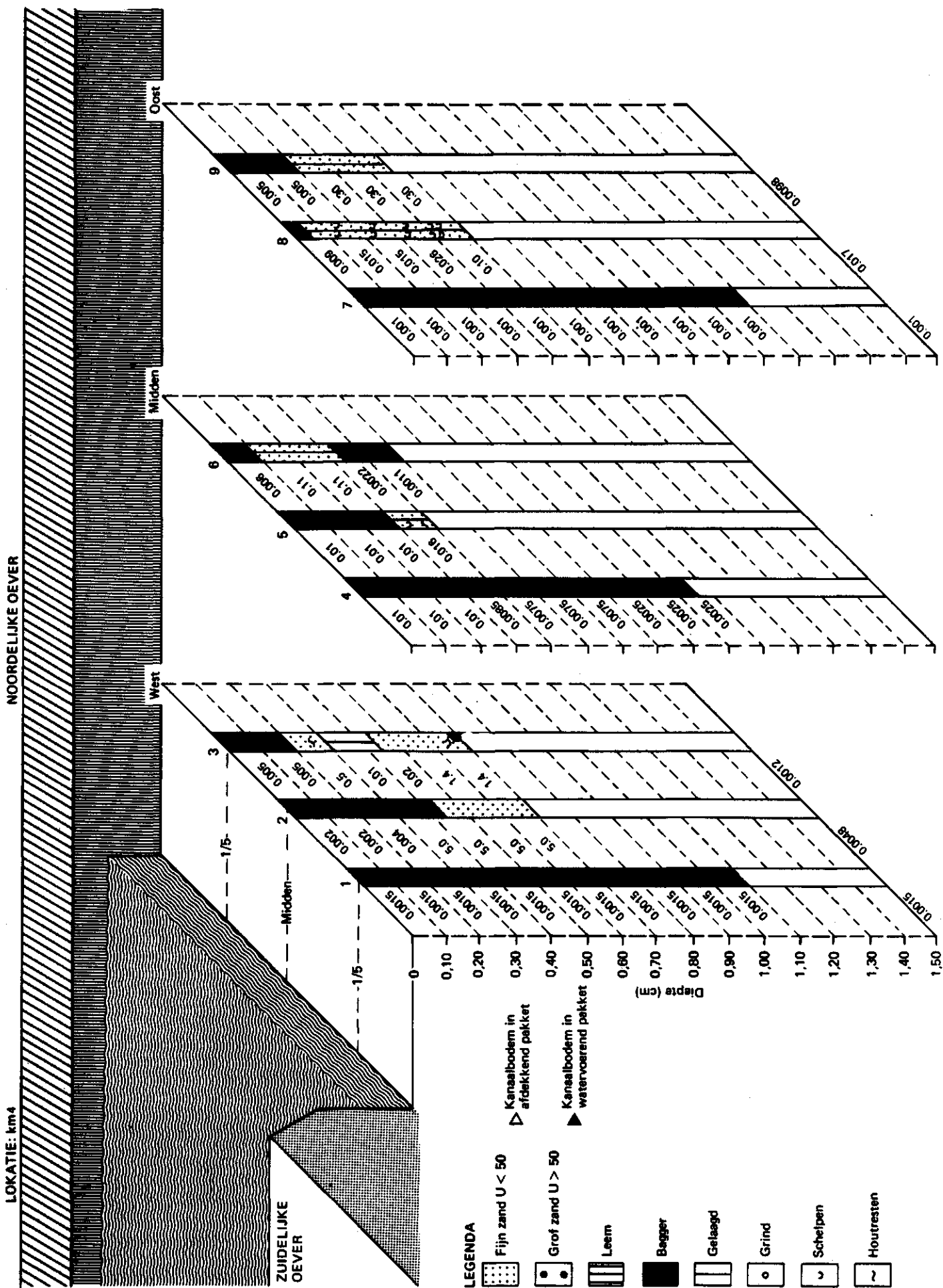


— Begrenzing onderzoekgebied

1km

BIBLIOTHEK
STADTMUSEUM

LOKATIE: km4

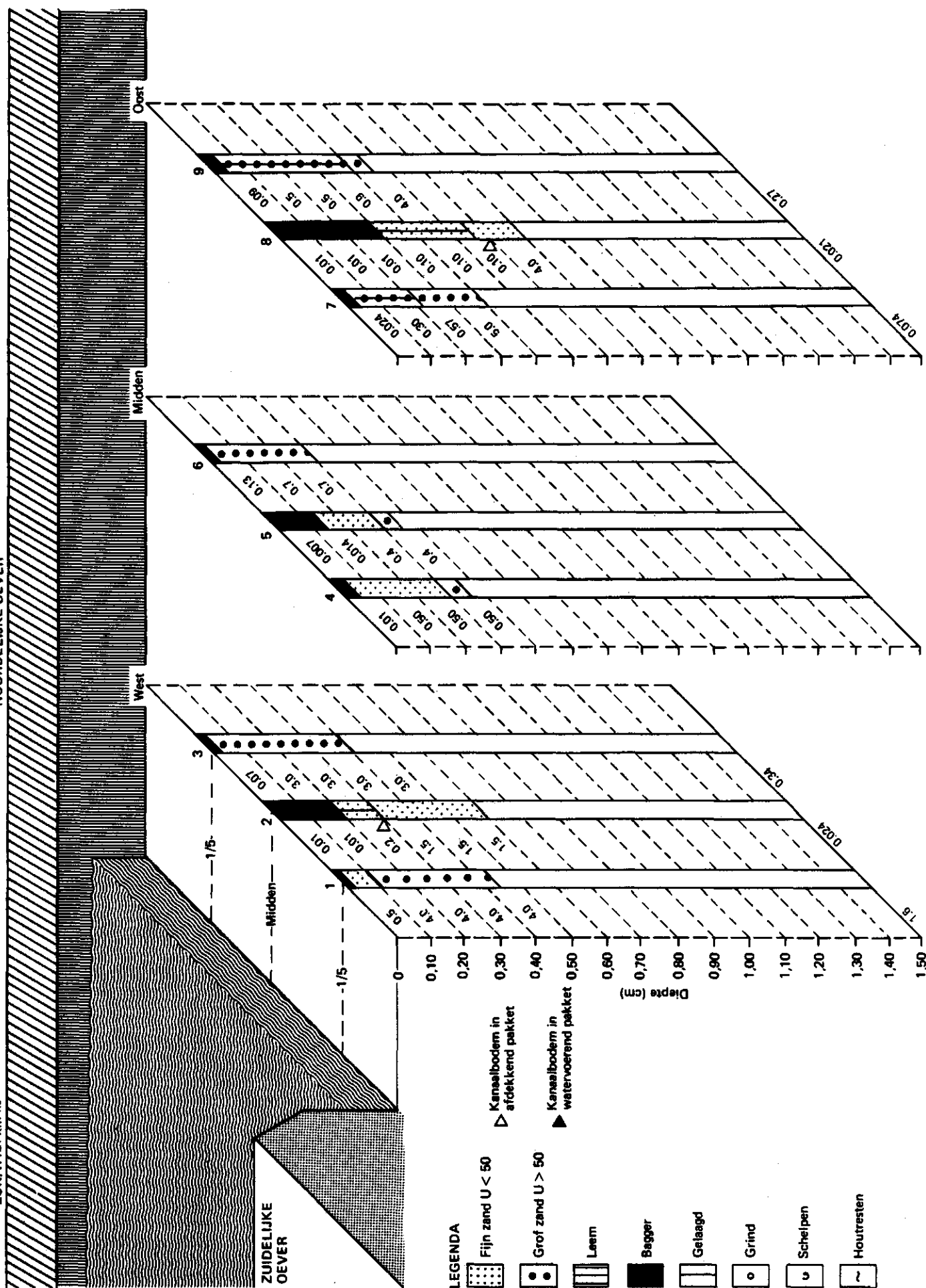


RH1107HEEK
STANHOGEBOIV

BIJLAGE 2b Doorlastfactoren in $m \cdot d^{-1}$ in bodemonmonsters uit het Twentekanaal

LOKATIE: km4.5

NOORDELIJKE OEVER



**BIBLIOTHEK
STARINGOESCOUW**

LOKATIE: km5

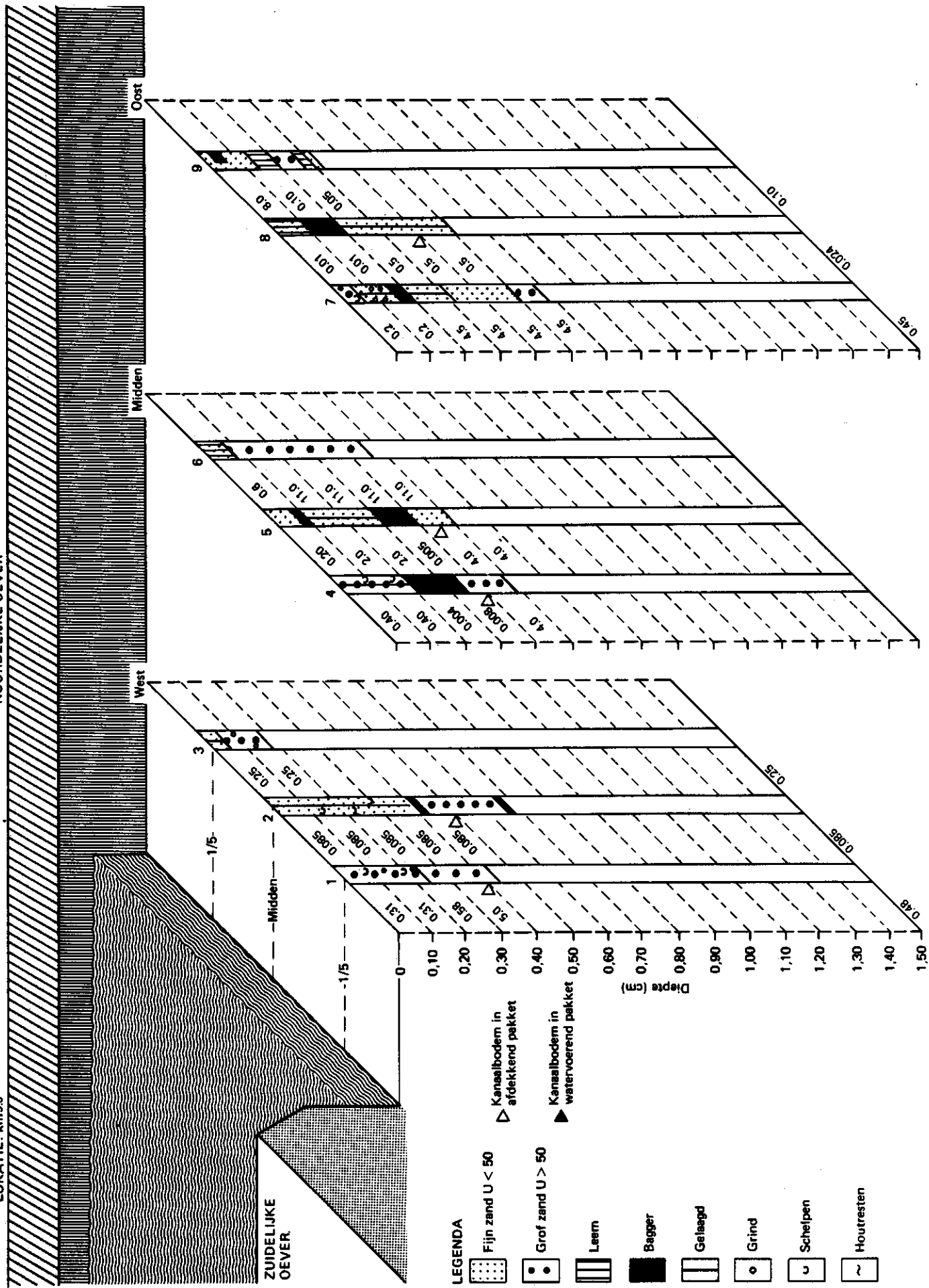


PHIOTHEK
STADTBIBLIOTHEK

BUJAGE 2d Doorlaafactoren in $m \cdot d^{-1}$ in bodemonsters uit het Twentekanaal

LOKATIE: km 5,5

NOORDELIJKE OEVER

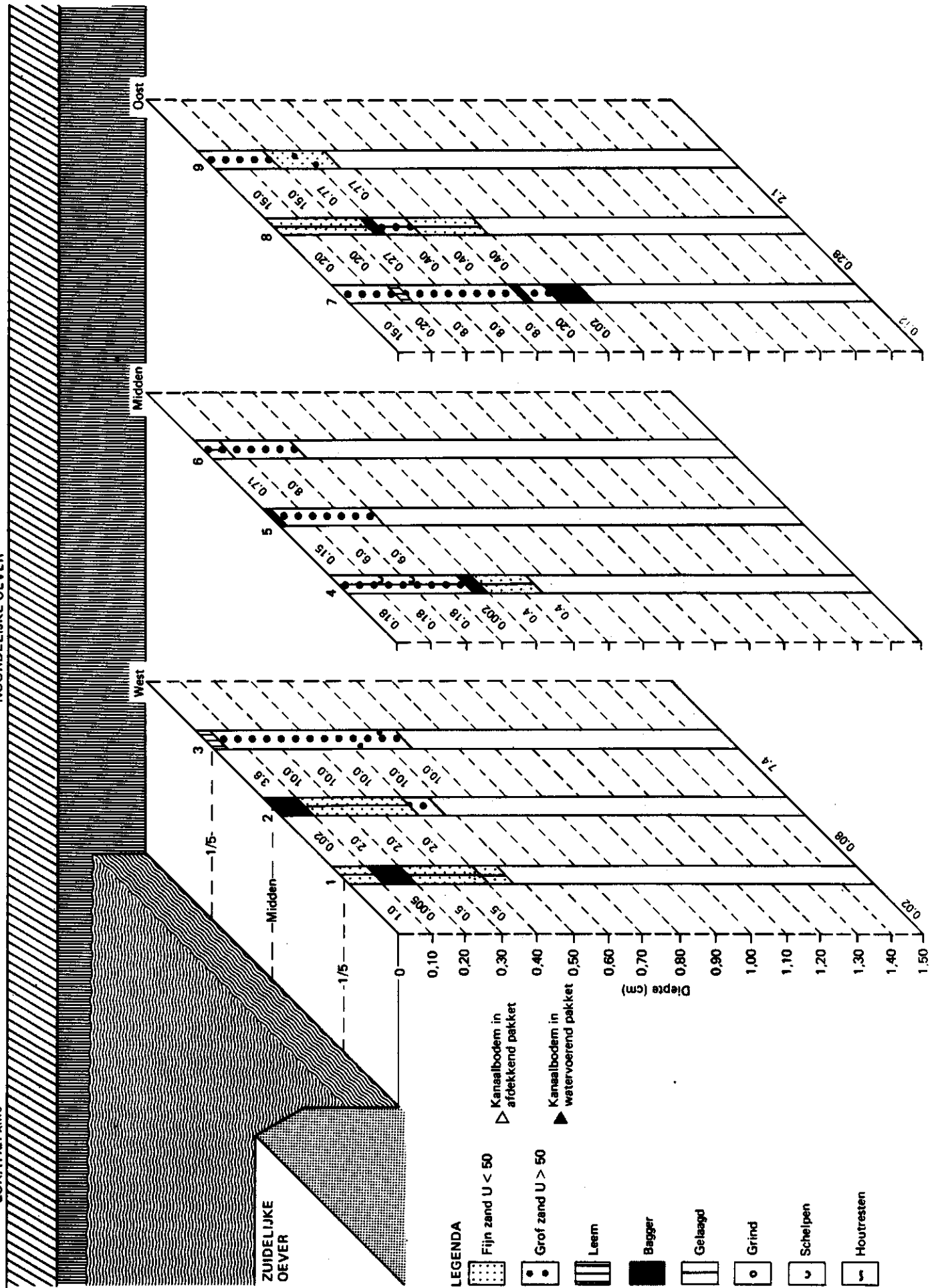


BIBLIOTHEK
STADTGEBOUR

BIJLAGE 2 ● Doorlaafactoren in $m \cdot d^{-1}$ in bodemonmonsters uit het Twentekanaal

LOKATIE: km6

NOORDELIJKE OEVER

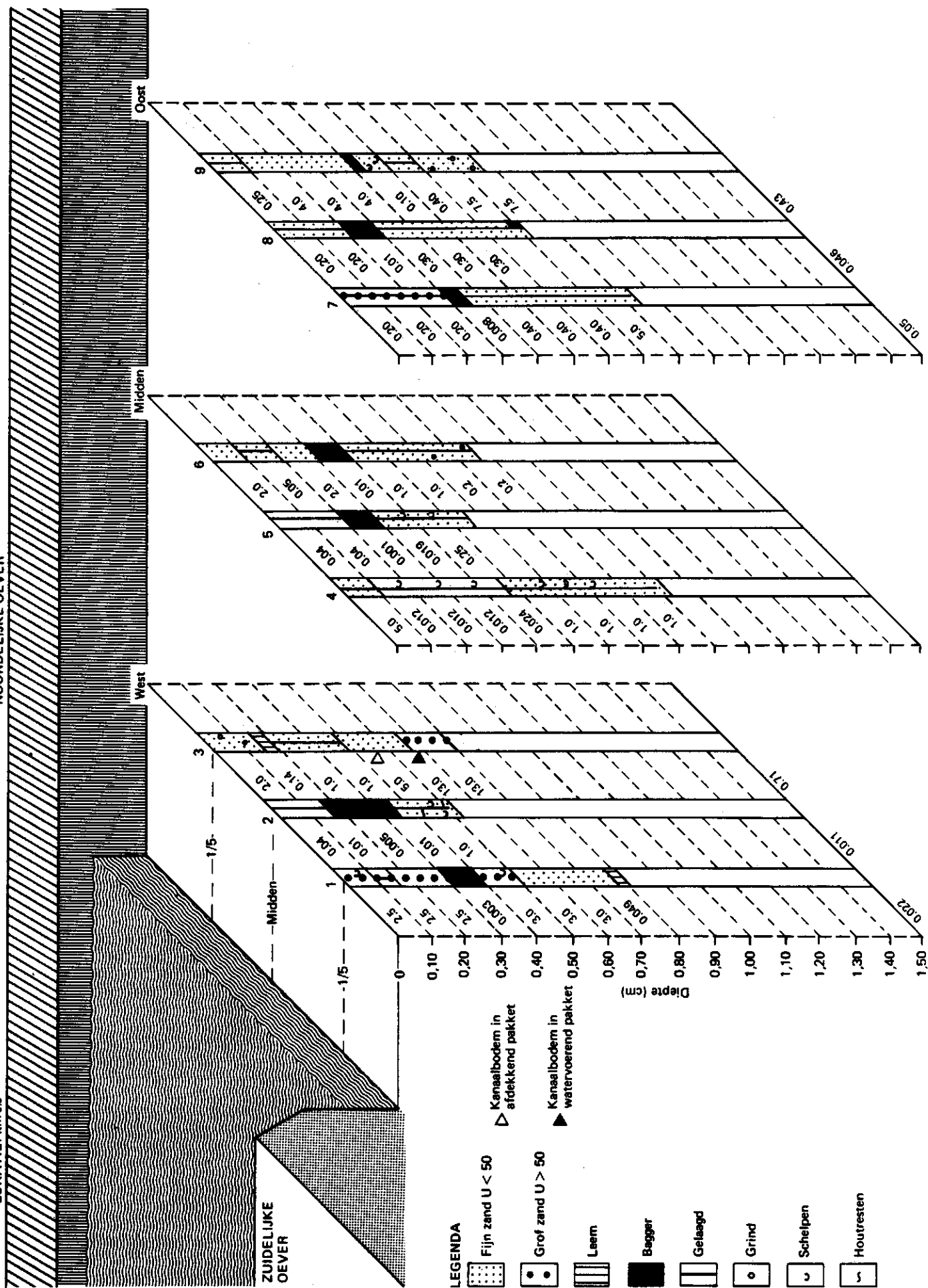


БИБЛИОТЕКА
САНКТ-ПЕТЕРБУРГА

BIJLAGE 2f Doorlaatfactoren in $m \cdot d^{-1}$ in bodemonmonsters uit het Twentekanaal

LOKATIE: km 6.5

NOORDELIJKE OEVER



BULLOTHEK
STAMBOEROU

LOKATIE: km7

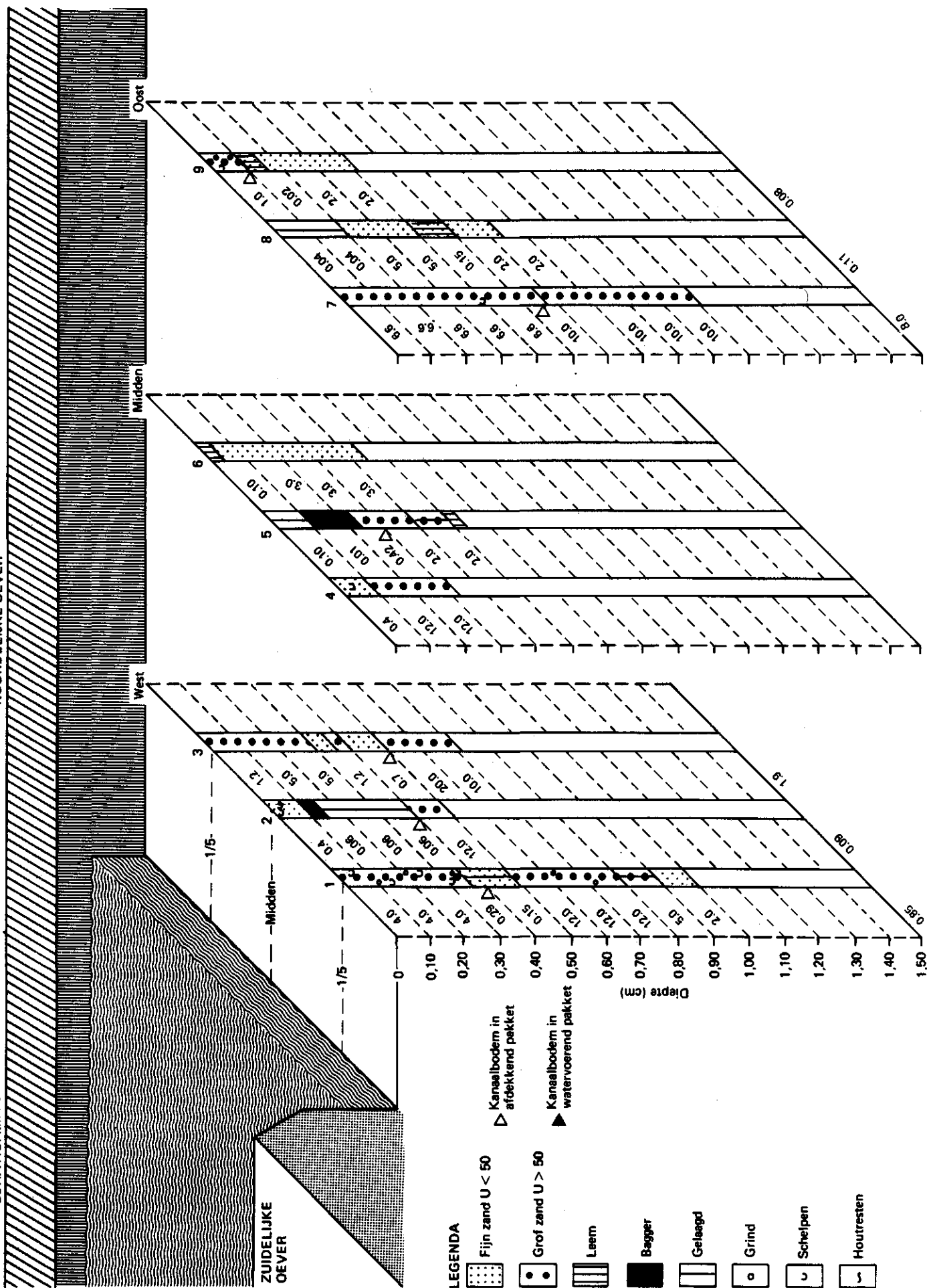


PHILIP HENK
STANISLOVSKY

BIJLAGE 2h Doorlaatfactoren in m.d⁻¹ in bodemonsters uit het Twentekanaal

LOKATIE: km 7,5

NOORDELIJKE OEVER

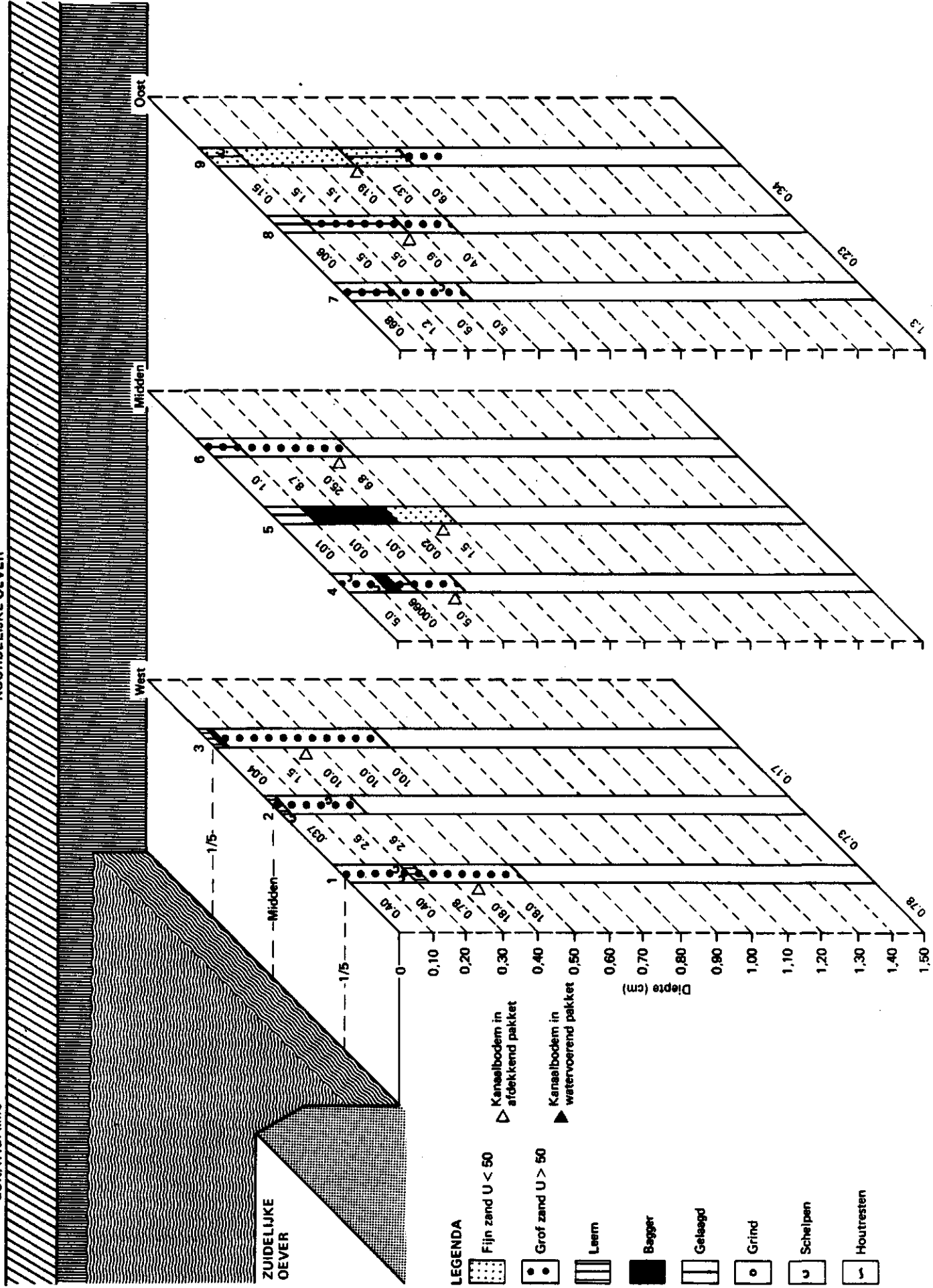


BIBLIOTHEEK
STARRINGEBOUW

BIJLAGE 2i Doorlaetfactoren in $m \cdot d^{-1}$ in bodemonsters uit het Twentekanaal

LOKATIE: km 8

NOORDELIJKE OEVER

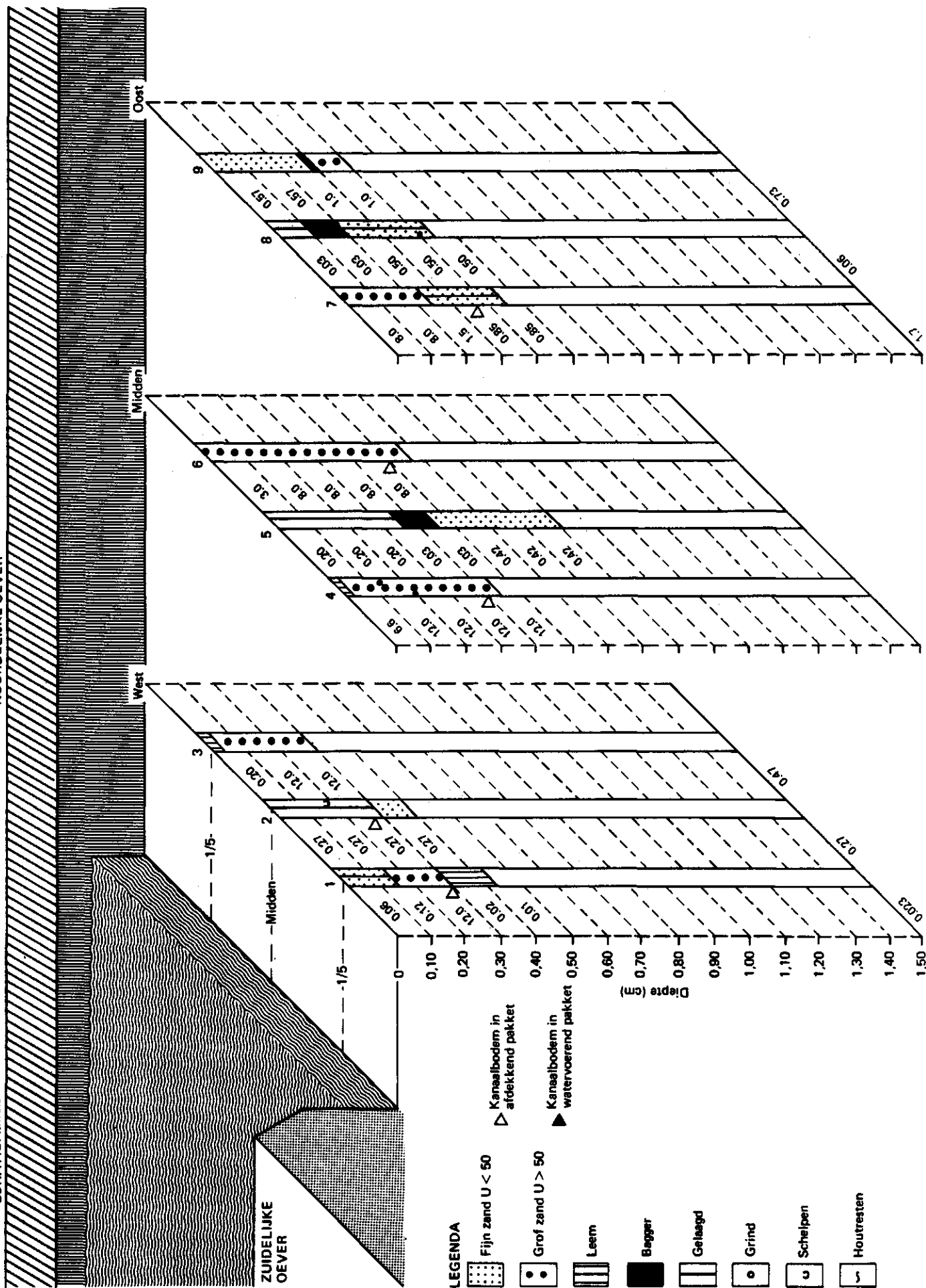


БИБЛИОТЕКА
СТАНИСЛАВОВ

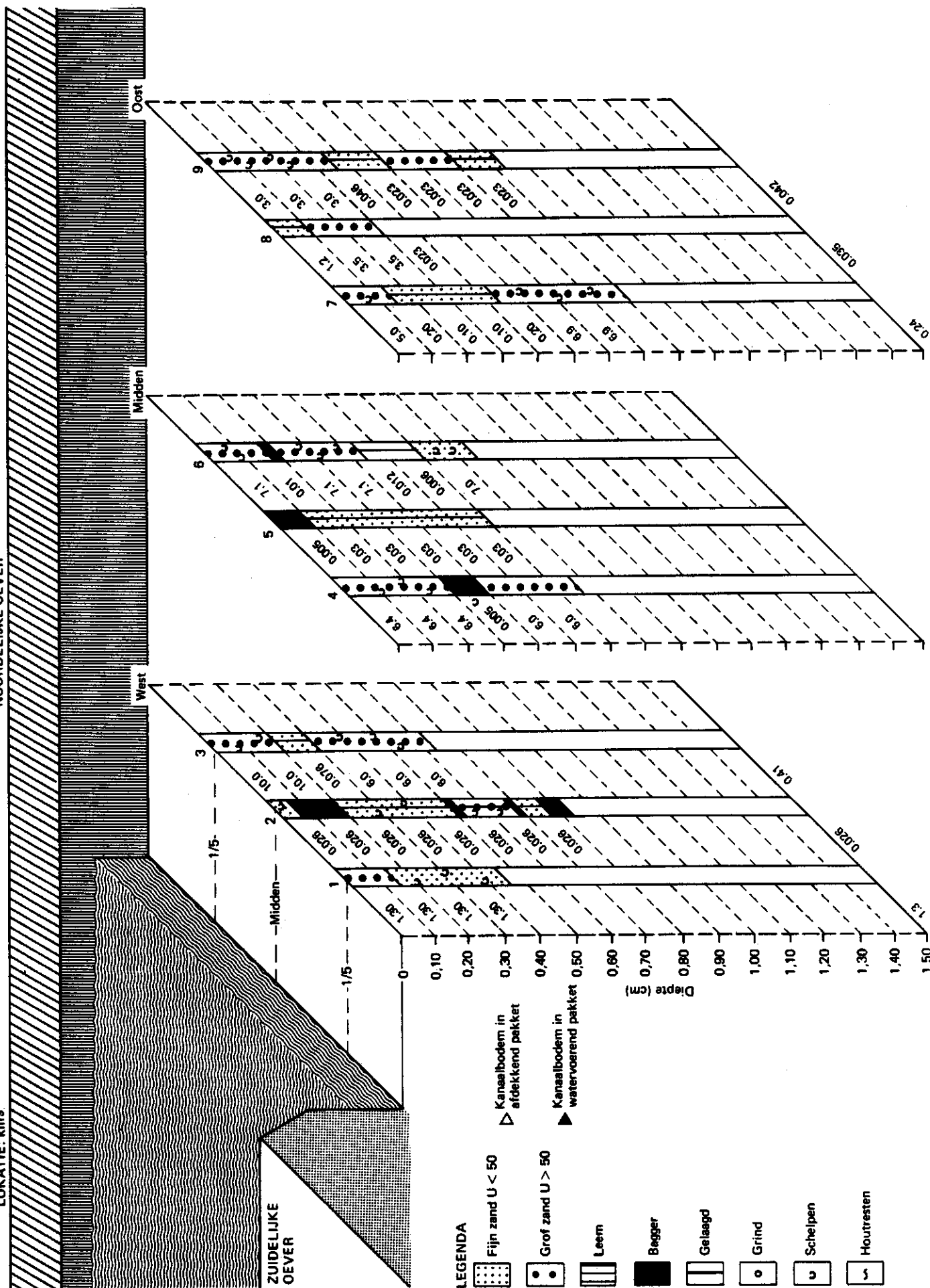
BIJLAGE 2j Doorlaatfactoren in $m \cdot d^{-1}$ in bodemonmonsters uit het Twentekanaal

LOKATIE: km 8.5

NOORDELIJKE OEVER



PHILIP WHEAT
ST. MARGARET'S CHURCH

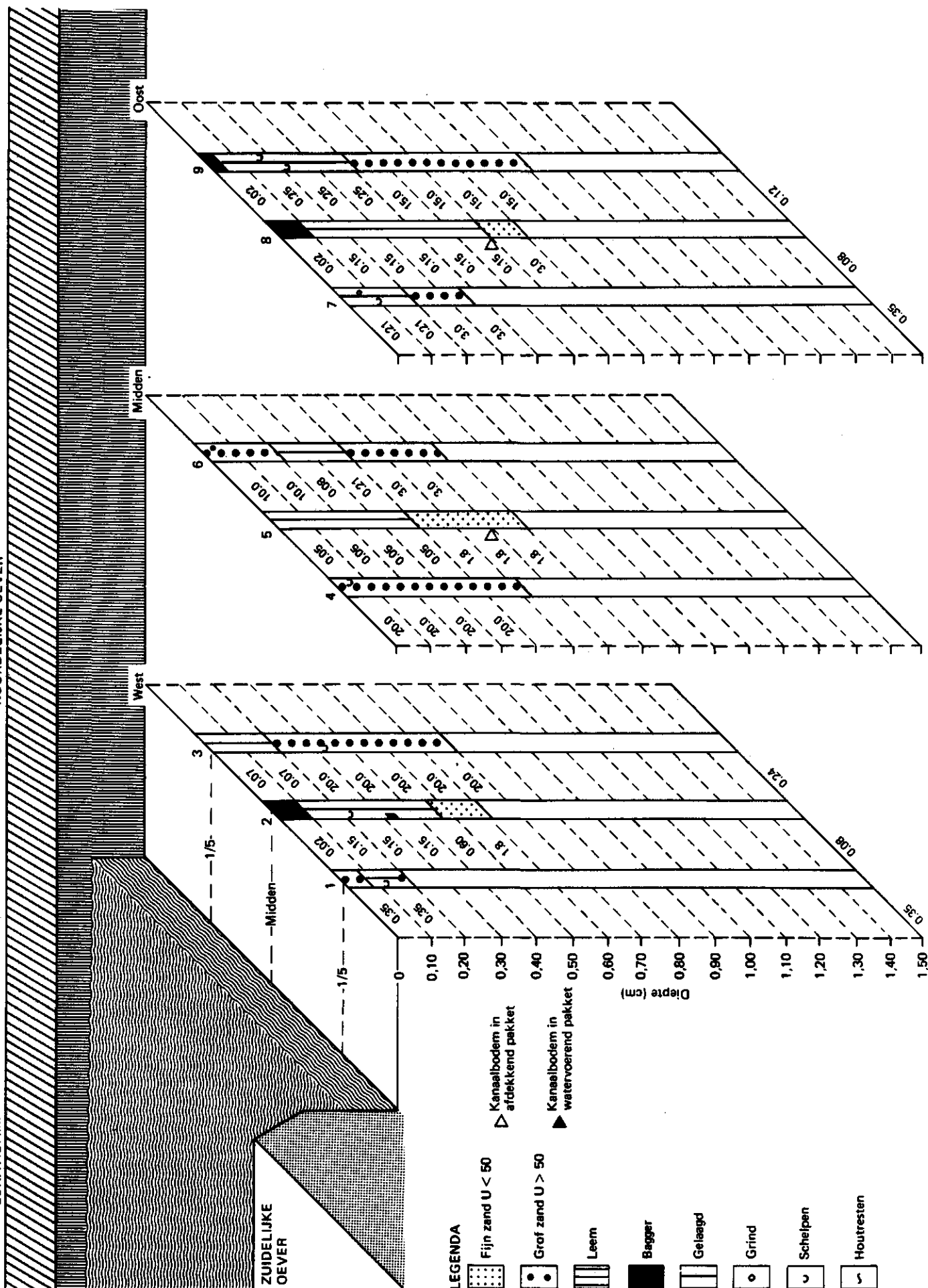


BIBLIOTHEK
STÄHNIGESBOUN

BIJLAGE 21 Doorlaatfactoren in m.d⁻¹ in bodemonsters uit het Twentekanaal

LOKATIE: km 9.5

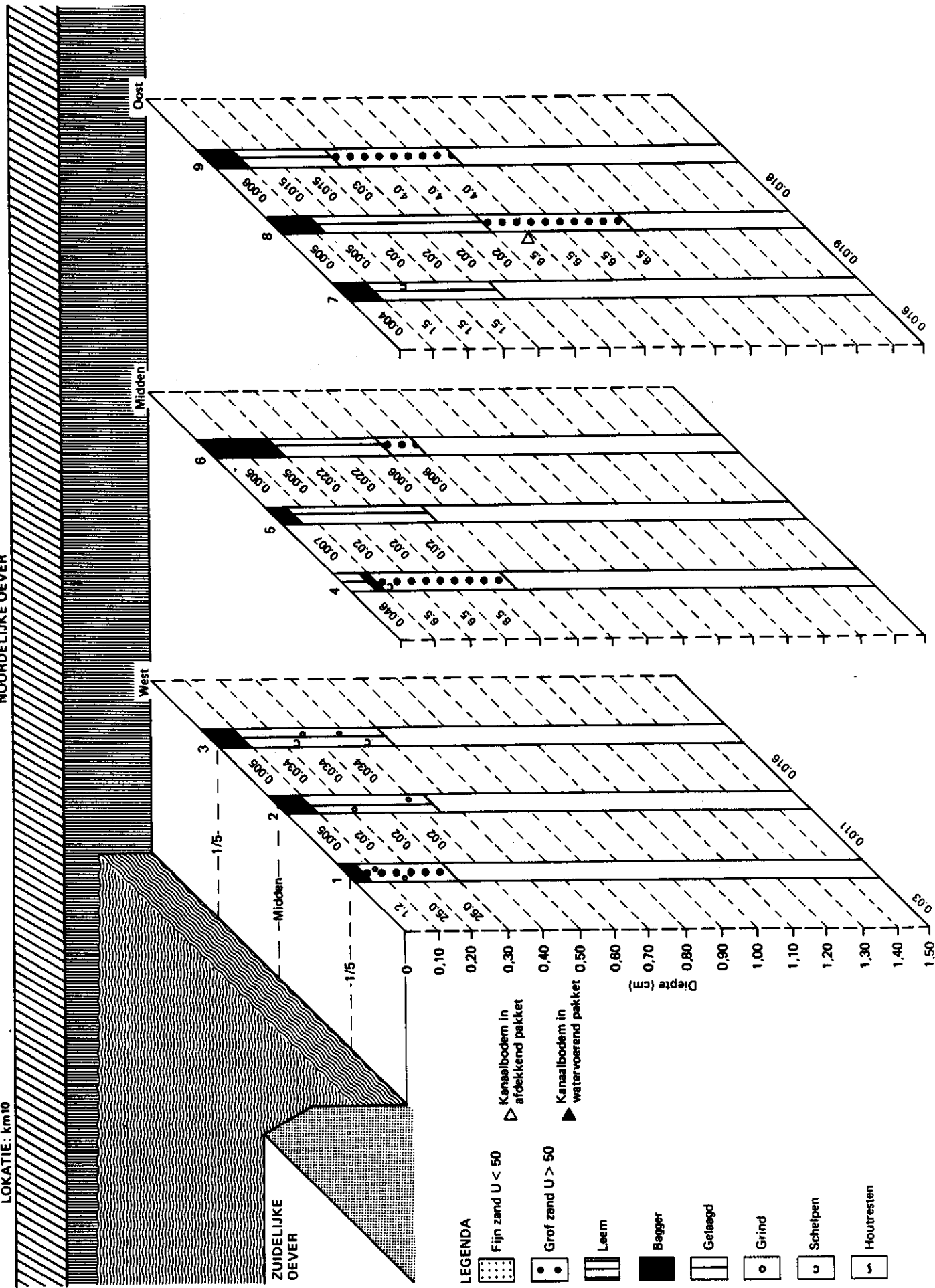
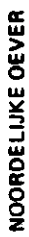
NOORDELIJKE OEVER



BIBLIOTHEK
STADT OLMUJ

BIJLAGE 2m

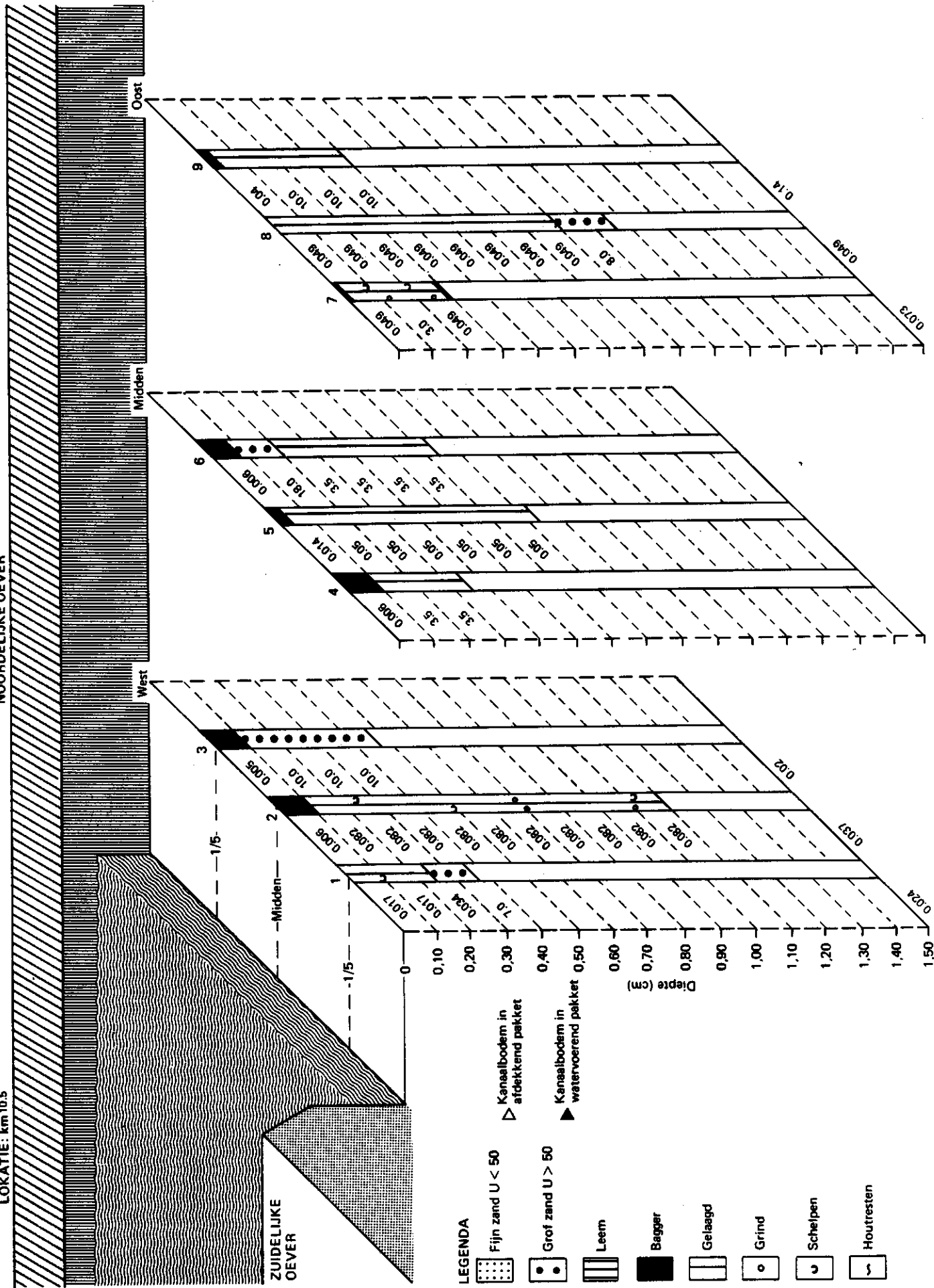
LOKATIE: km10



**BIBLIOTHEK
STADTGEBOUW**

LOKATIE: km 10.5

NOORDELIJKE OEVER

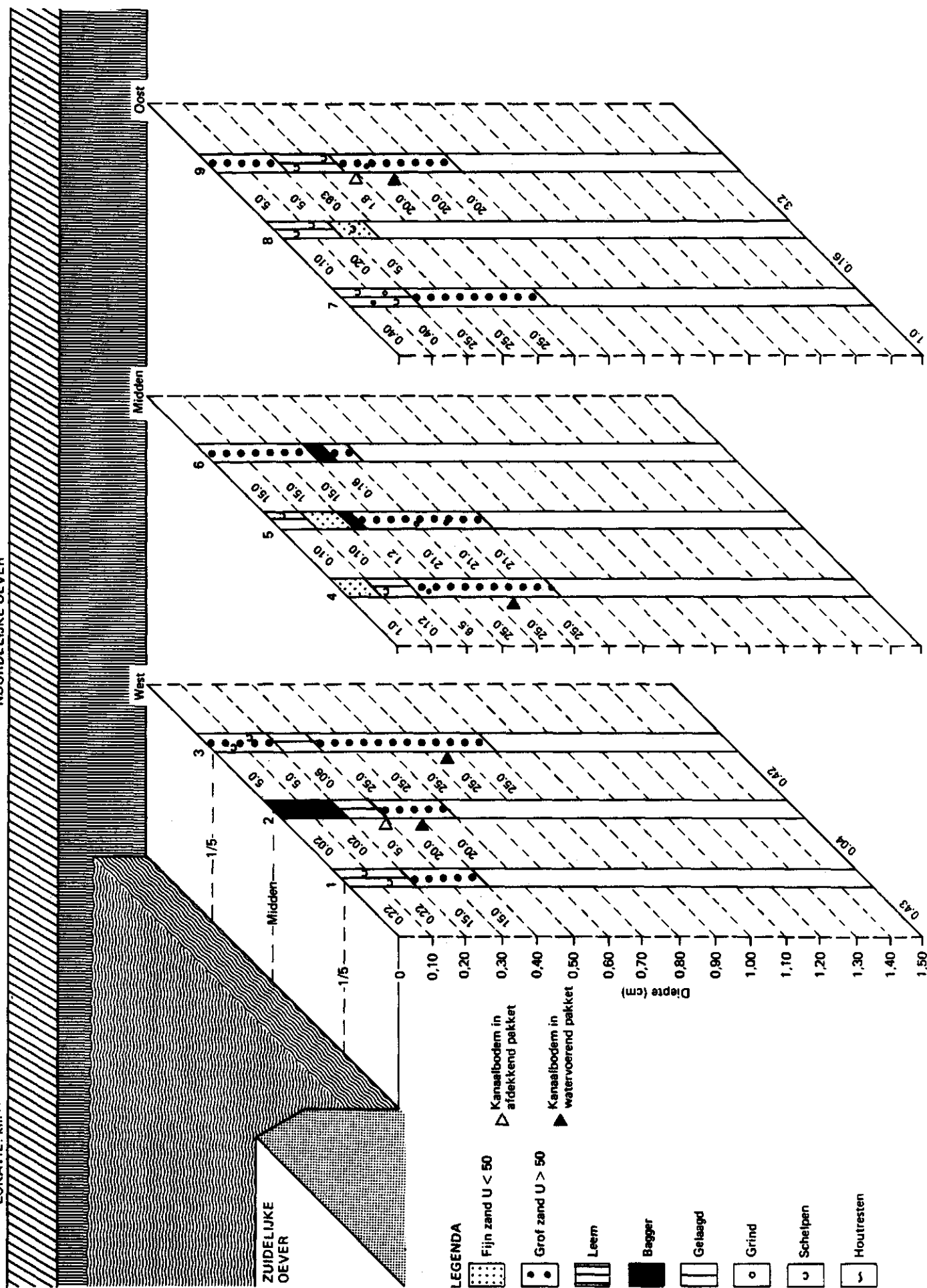


**BIBLIOTHEK
STARINGEBOUW**

BIJLAGE 2o Doorlaatfactoren in $m.d^{-1}$ in bodemonsters uit het Twentekanaal

LOKATIE: km 11

NOORDELIJKE OEVER

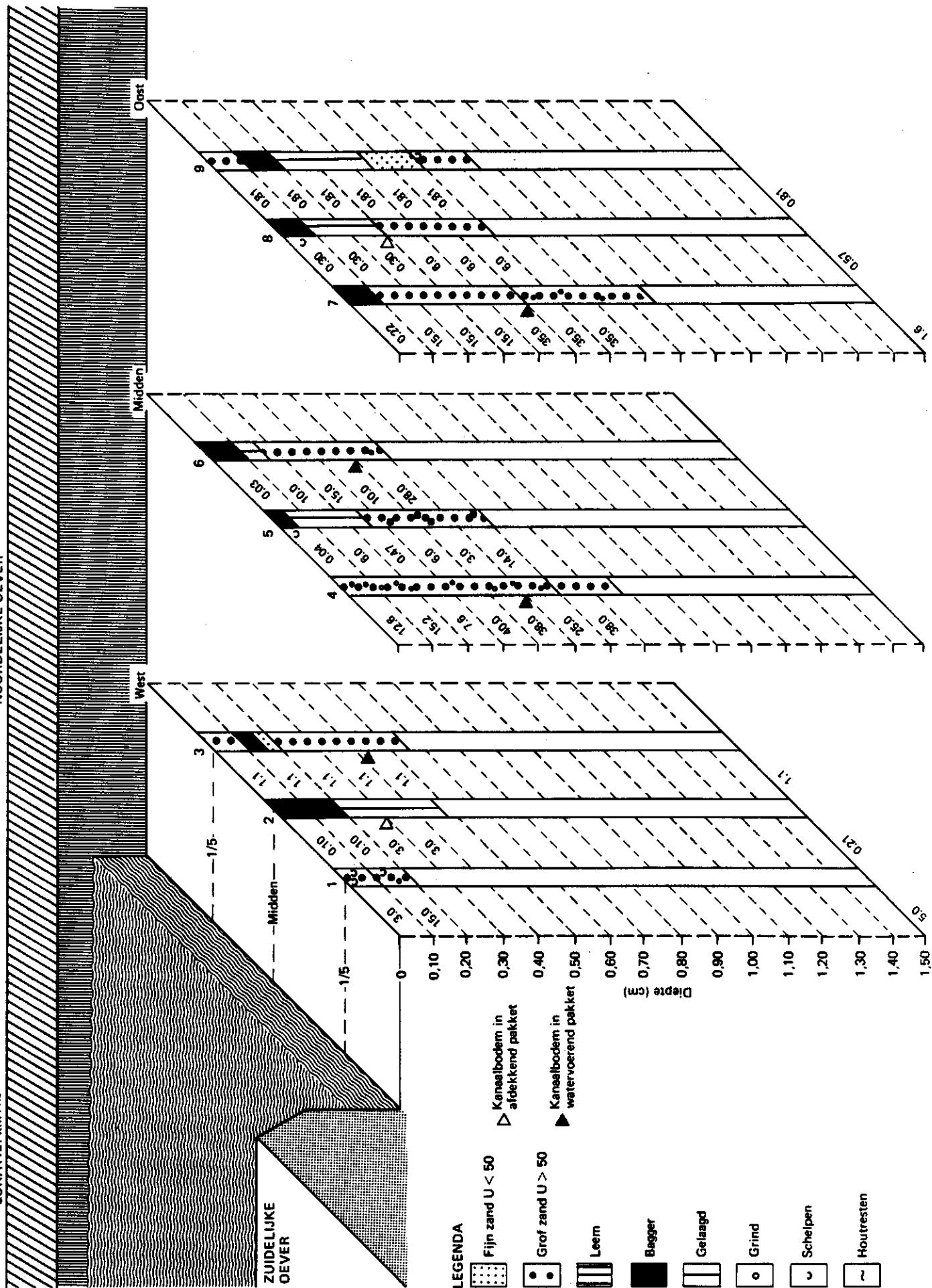


BIBLIOTHEK
STADTGEBOUW

BIJLAGE 2p Doorlaatfactoren in m.d¹ in bodemonsters uit het Twentekanaal

LOKATIE: km11.5

NOORDELIJKE OEVER

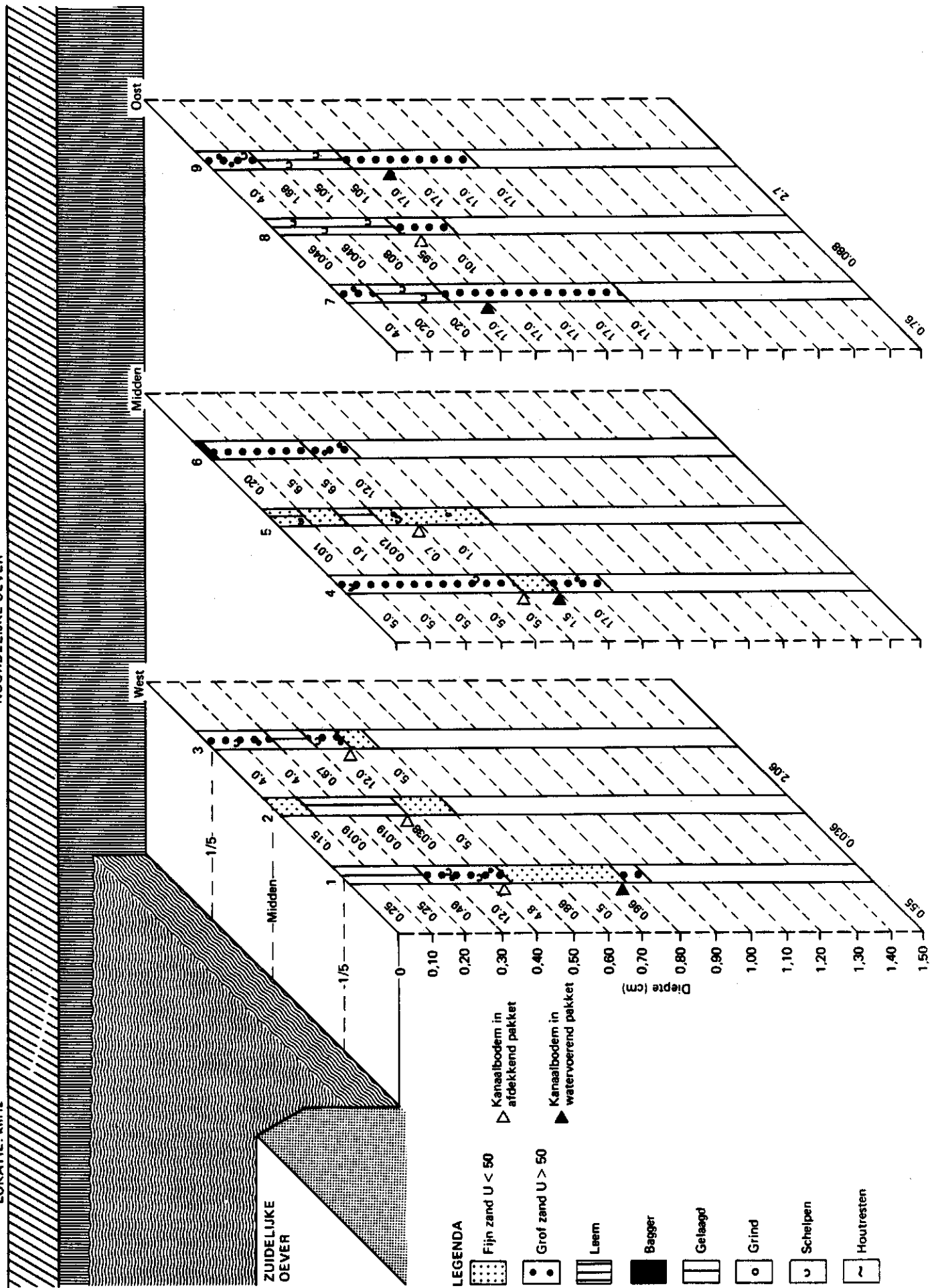


**BIBLIOTHEK
STÄHNIGERBOUW**

BIJLAGE 29 Doorlaatfactoren in m.d⁻¹ in bodemonsters uit het Twentekanaal

LOKATIE: km 12

NOORDELIJKE OEVER

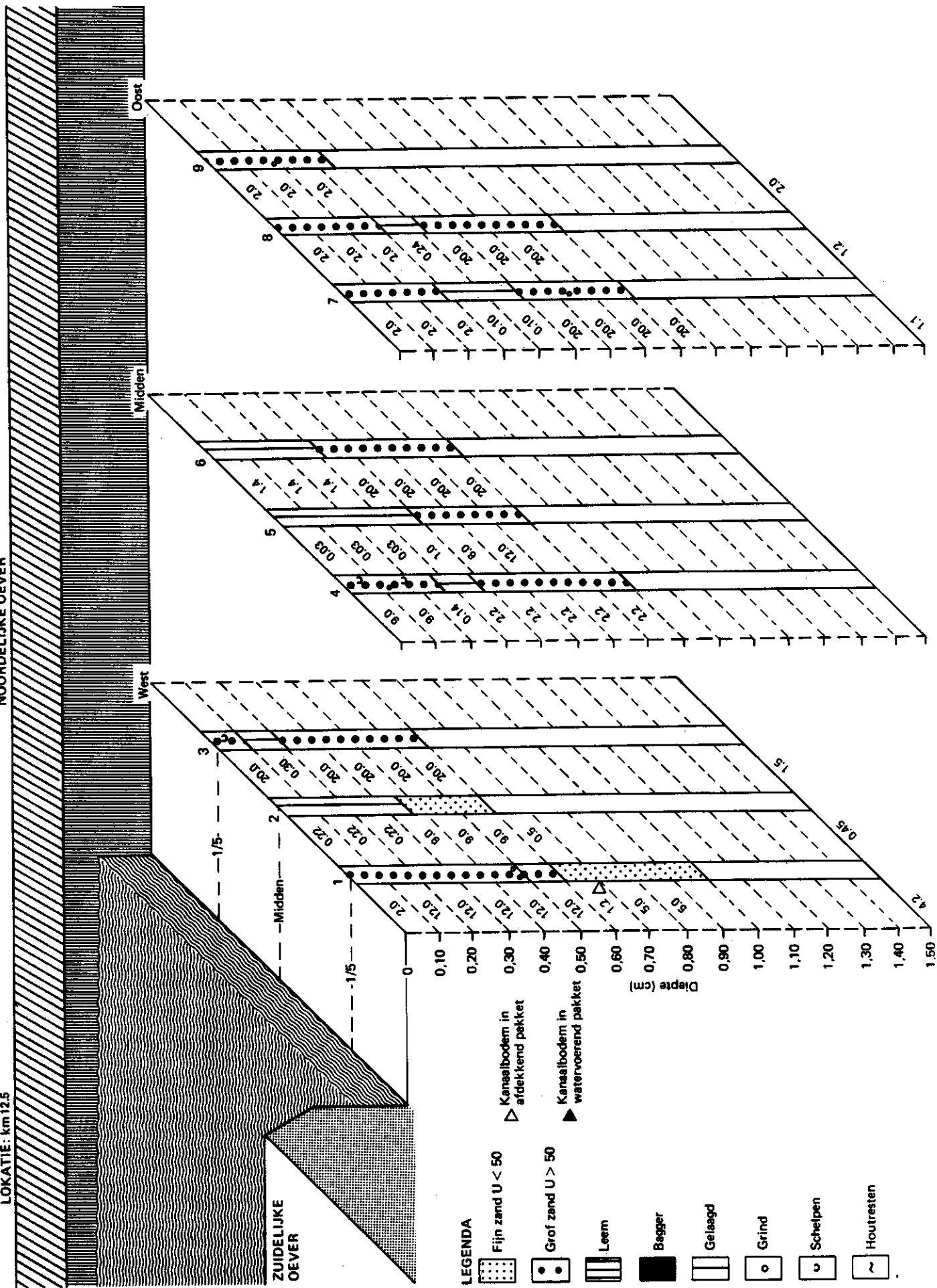


BIBLIOTHEK
STANISSEBOUR

BIJLAGE 2r Doorlastfactoren in m.d⁻¹ in bodemonmonsters uit het Twentekanaal

LOKATIE: km 12.5

NOORDELIJKE OEVER

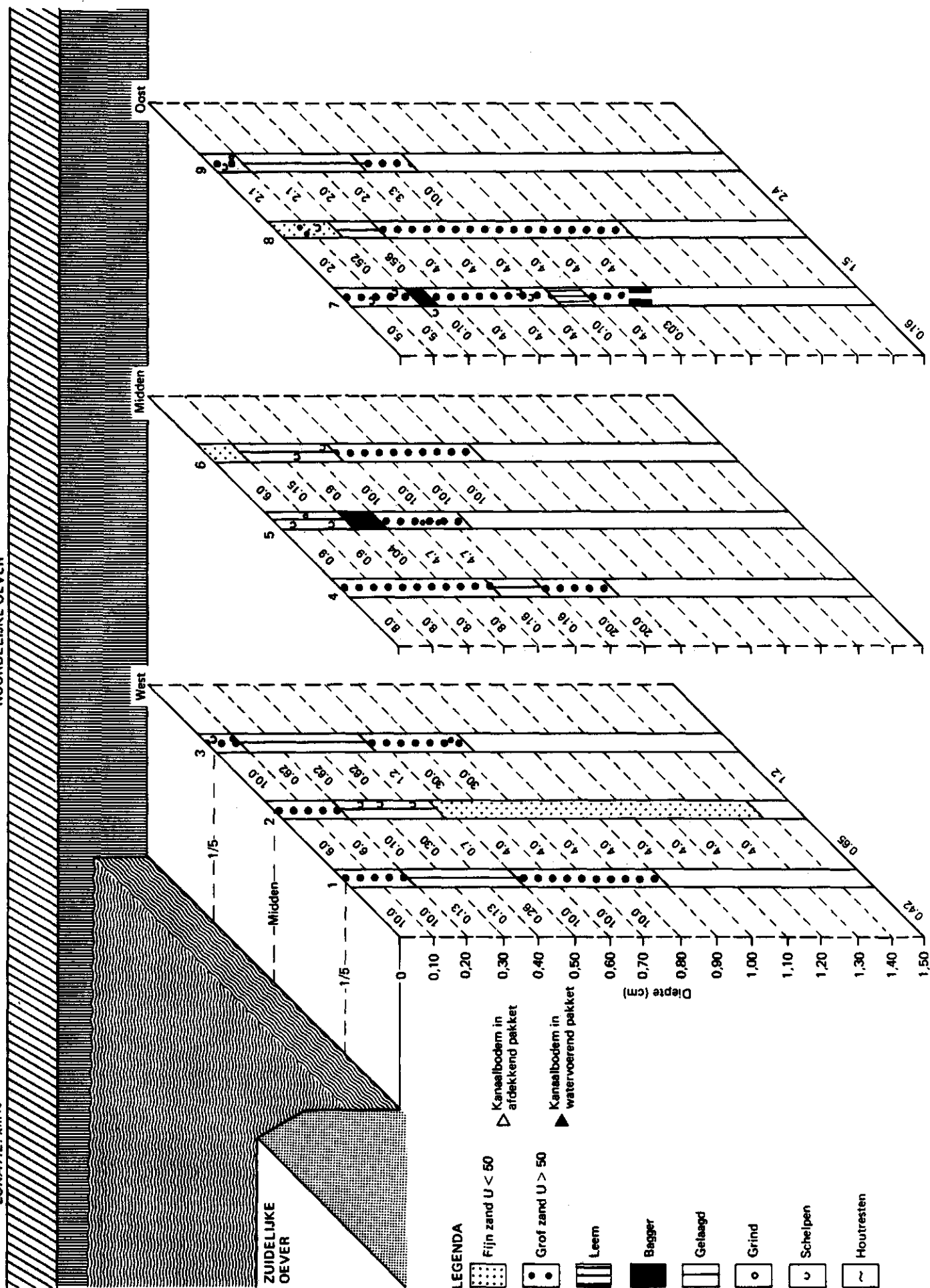


BIBLIOTHEEK
STADSGEBOUW

BIJLAGE 2s Doorlaatfactoren in $m \cdot d^{-1}$ in bodemonsters uit het Twentekanaal

LOKATIE: km13

NOORDELIJKE OEVER

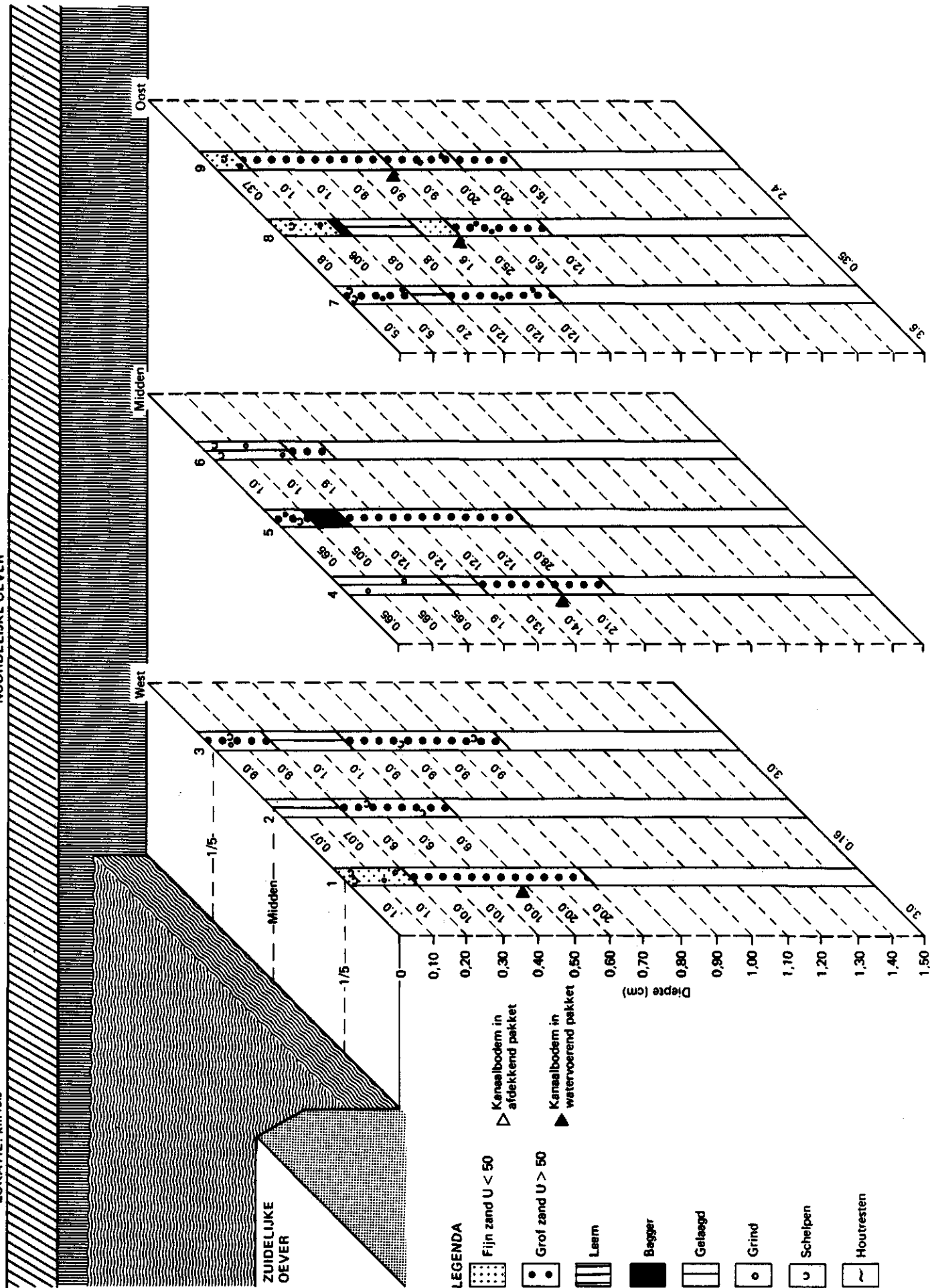


BIBLIOTHEEK
STAMINGOEROUW

BIJLAGE 2t Doorlaafactoren in m.d⁻¹ in bodemonsters uit het Twentekanaal

LOKATIE: km13.5

NOORDELIJKE OEVER

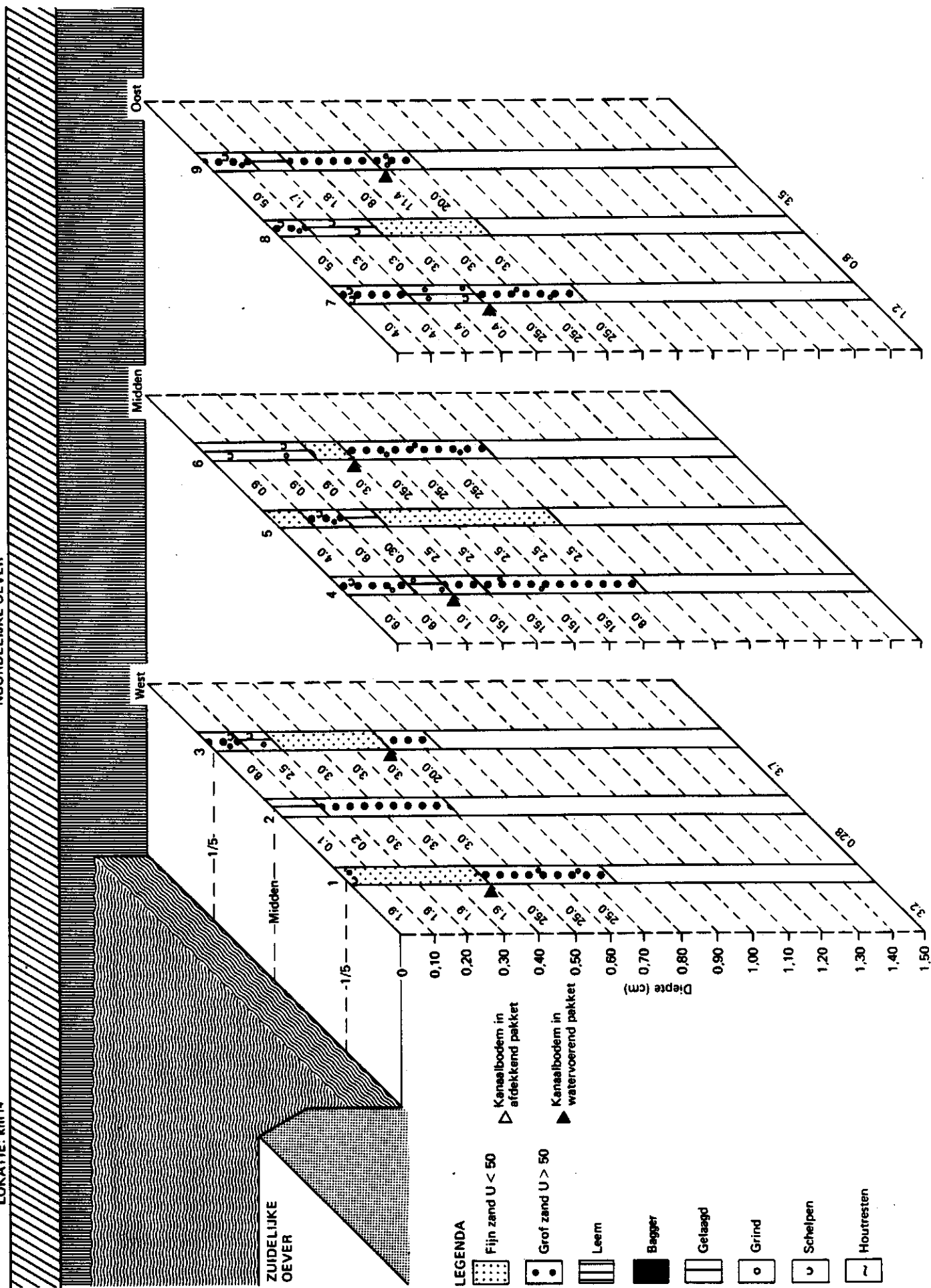


**BIBLIOTHEEK
STARINGGEBOUW**

BIJLAGE 2u Doorlaatfactoren in m.d⁻¹ in bodemonstering uit het Twentekanaal

LOKATIE: km14

NOORDELIJKE OEVER



BIBLIOTHEEK
STARINGGEBOUY

Bijlage 3 A

Bodemweerstand in dagen

NOORD											
raai: km 4			raai: km 4.5			raai: km 5			raai: km 5.5		
*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
575	175	45.9	1.6	1.3	1.9	5.1	1.1	3.5	0.7	0.3	3.1
*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
140.6	41.4	29.4	21.3	24.7	35.0	6.1	9.8	10.0	6.6	24.2	20.8
*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
750	201.1	1090	0.3	12.3	5.3	3.3	1.7	4.1	0.9	40.4	1.3

[illegible]

NOORD									
raai: km 6		raai: km 6.5		raai: km 7		raai: km 7.5			
*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
0.1	0.2	0.2	1.0	13.7	1.8	0.3	0.1	2.1	*
									*
*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
5.4	0.8	2.1	47.7	126.7	13.2	6.0	16.8	34.0	5.9
*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
23.0	53.2	5.6	37.3	34.4	16.0	4.8	0.02	1.1	0.1

ZUID									

**BIBLIOTHEEK
STARINGGEBOUY**

Bijlage 3 B Bodemweerstand in dagen

		NOORD					
raai: km 8		raai: km 8.5		raai: km 9		raai: km 9.5	
* 3.0	* 0.1 1.6	* 0.6 0.1 0.5	* *	* 1.5 37.0 19.2	* *	* 2.8 2.0 6.9	* *
* 0.3	* 38.8 2.2	* 1.4 8.8 7.2	* *	* 32.5 37.5 8.6	* *	* 7.4 8.8 8.8	* *
* 0.7	* 17.0 0.3	* 18.3 0.1 0.3	* *	* 0.3 22.3 3.4	* *	* 0.5 0.1 1.1	* *

ZUID

		NOORD					
raai: km 10		raai: km 10.5		raai: km 11		raai: km 11.5	
* 31.6	* 81.8 42.5	* 22.3 18.3 2.8	* *	* 1.9 0.7 0.2	* *	* 0.5 3.4 0.9	* *
* 39.5	* 33.1 53.4	* 29.7 20.9 19.2	* *	* 12.1 2.2 1.5	* *	* 2.1 2.8 1.0	* *
* 10.5	* 2.5 27.5	* 13.1 19.1 4.2	* *	* 0.9 1.0 0.6	* *	* 0.04 0.04 0.5	* *

ZUID

**BIBLIOTHEK
STÄRKEBOUN**

NOORD

raai: km 12		raai: km 12.5		raai: km 13		raai: km 13.5	
*	*	*	*	*	*	*	*
0.2	0.2	0.3	0.4	0.3	0.6	0.3	0.4
*	*	*	*	*	*	*	*
13.3	25.0	5.7	1.3	1.2	2.1	2.9	2.1
*	*	*	*	*	*	*	*
1.5	0.2	1.1	0.2	1.0	2.0	0.2	0.2

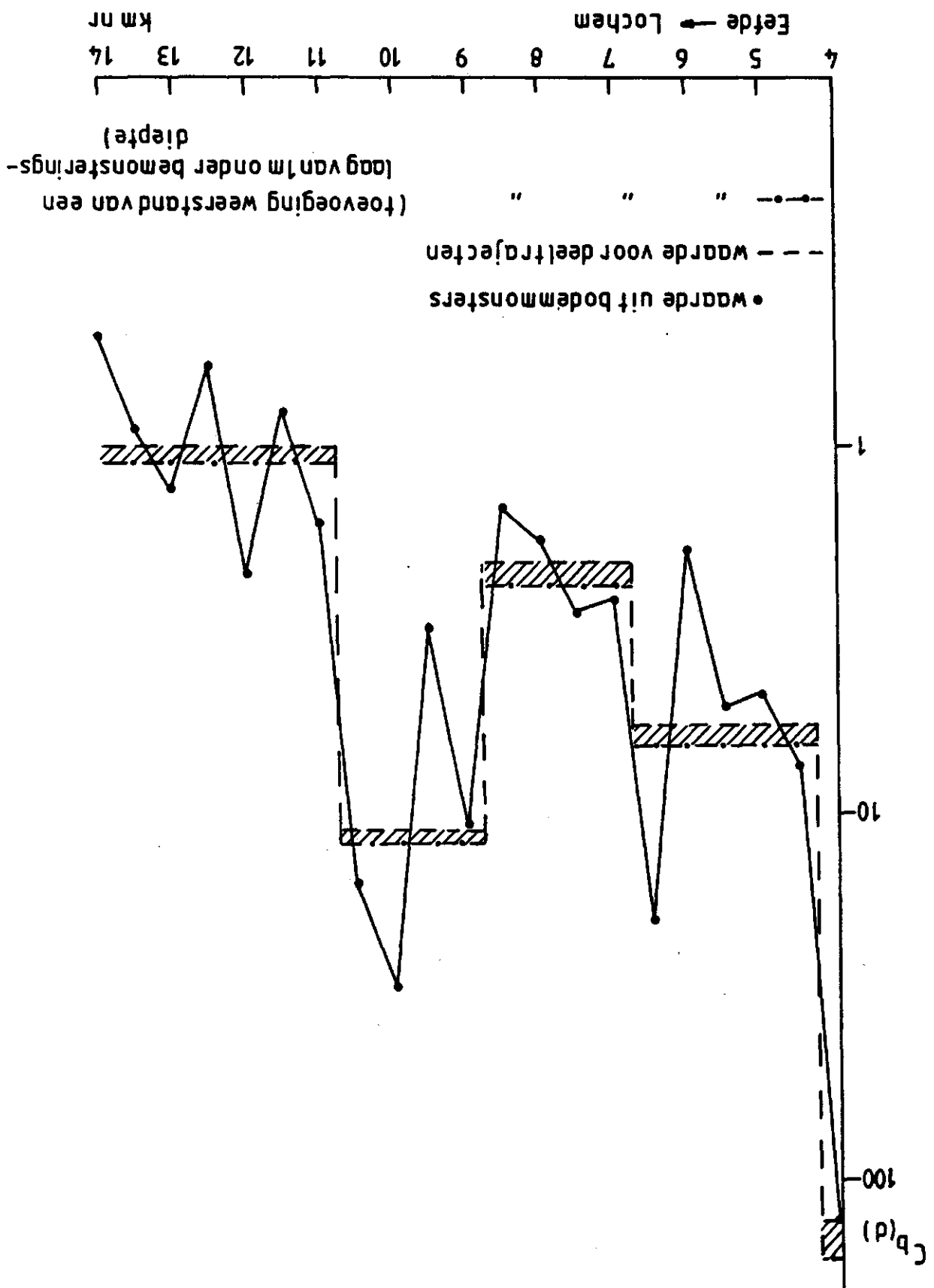
ZUID

NOORD

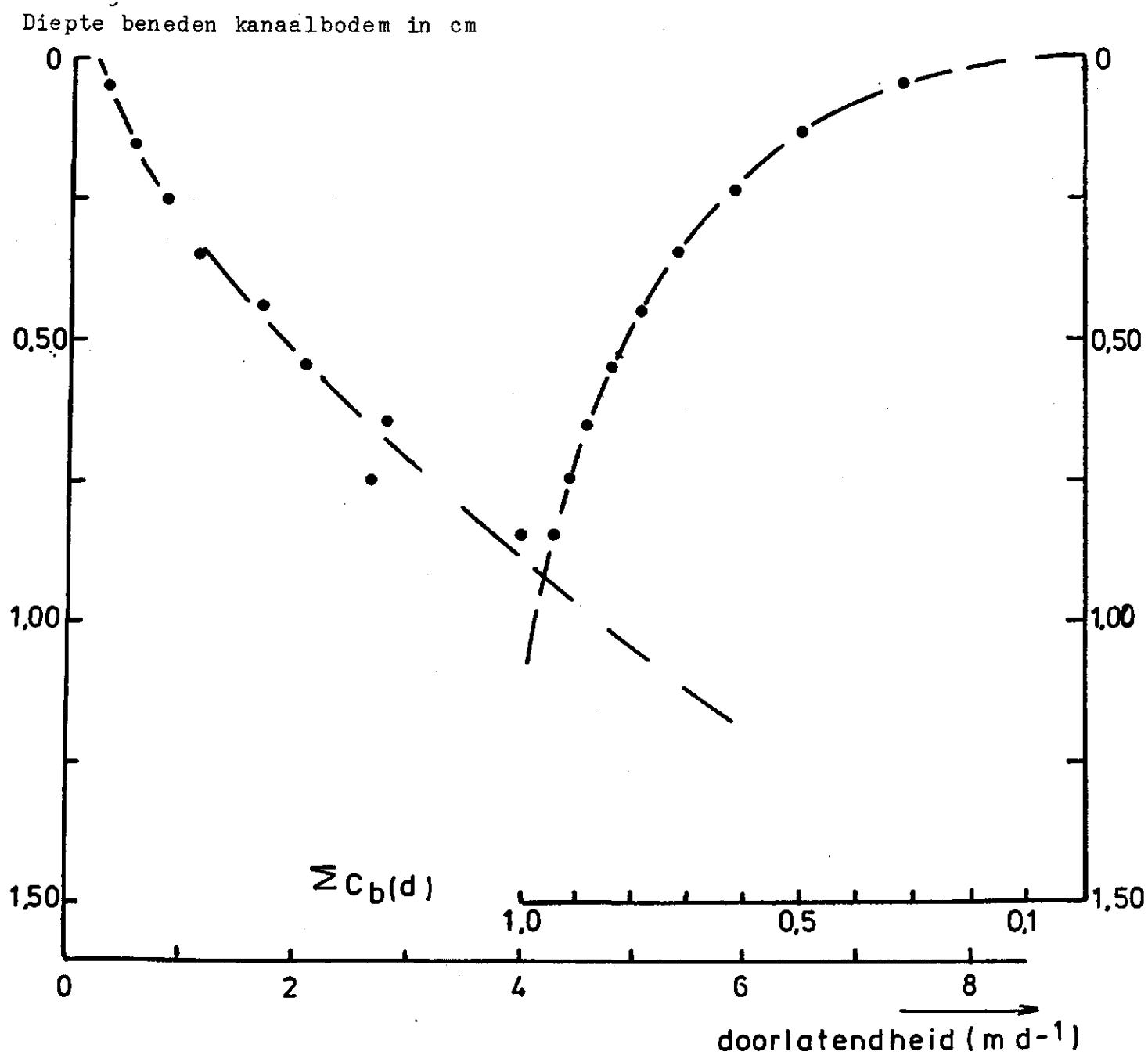
raai: km 14	
*	*
0.2	0.4
*	*
1.9	0.6
*	*
0.2	0.2

ZUID

BIBLIOTHEK
STARINGESSON



**BIBLIOTHEK
STARINGESBOUY**

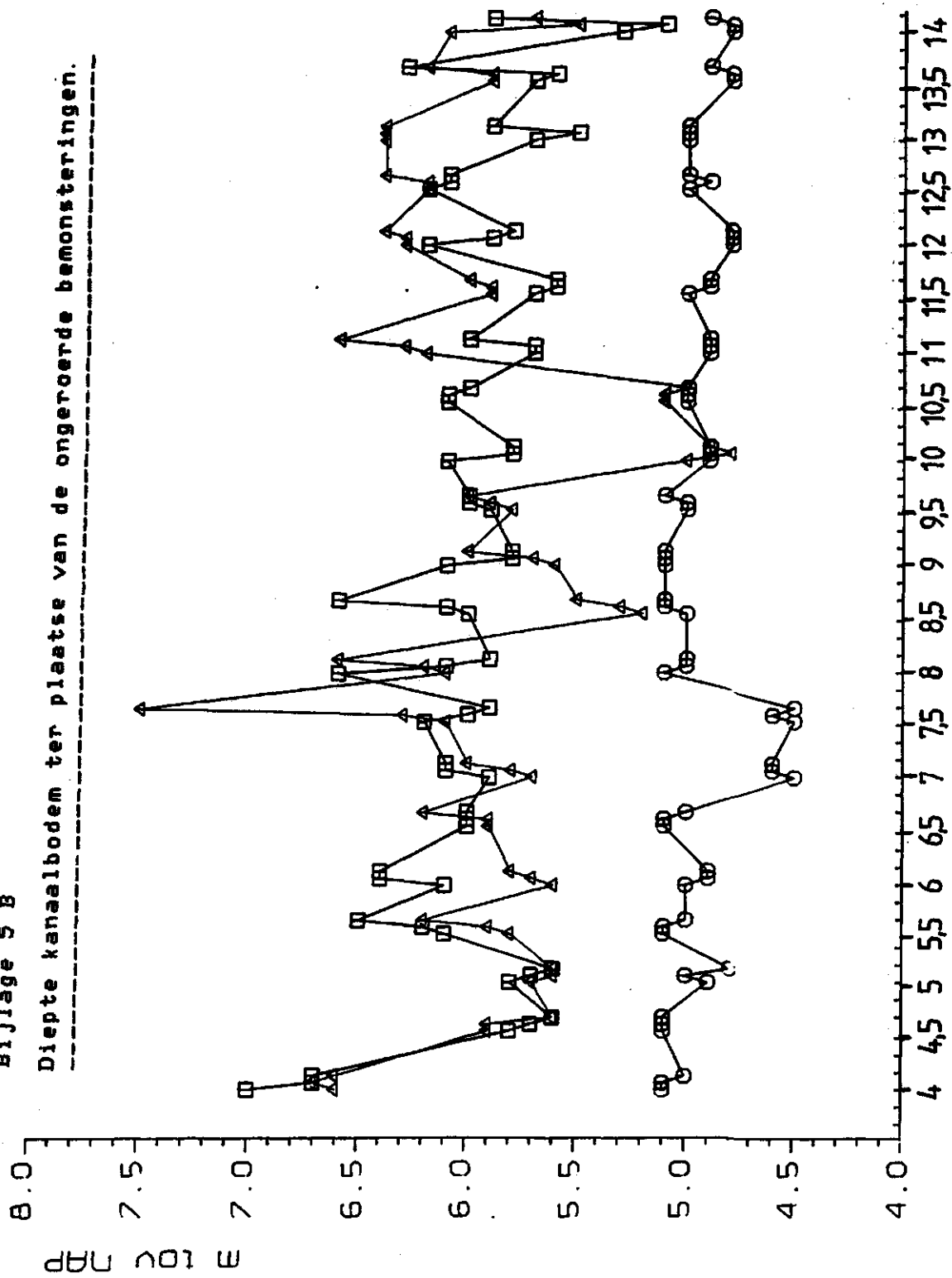


**BIBLIOTHEK
STANISLAWSKY**

Bijlage 5 B

Diepte kanaalbodem ter plaatse van de ongeroerde bemonsteringen.

□ = Zuid
 ○ = Midden
 △ = Noord



km reai

BIBLIOTHEK
STÄNGGEBOUN

Lokatiekaart C - waardenonderzoek

Bijlage 6



○ Lokatie infiltratieproef

● Lokatie boring

BIBLIOTHEK
STADTGEBOUW

BILAGE 7a

	nr.	1	2	3	NB.	4	5	6	7	8	9	10
i Naam		Ebbink	Nijkamp	de Groot	Lebbink	Kl. Nen.	Nijland	Langenk.	Ten Have	Schonev	Muesten.	
x	coord.	213770	214150	215410	216560	216640	214940	215020	217870	219460	219630	
y		464460	463900	464360	464680	464170	464670	464030	464350	464360	464830	
m.	ho	0.95	1.15	ca. 1.00	1.70	1.25	0.80	0.50	1.75	0.60	0.70	
F ₁ + FeI	m.	314	804	1156	707	201	1257	154	452	452	79	
Δh	m.	0.0085	0.0104	0.0184	0.017	0.0079	0.0098	0.0055	0.01	0.021	0.01	
G ₁	m.d	3.36	1.08	1.80	1.20	0.72	1.68	1.56	1.92	0.60	1.92	
ϵ_0	d	0.8	7.7	18	10	2.2	7.3	0.5	2.4	16	0.4	
$\Delta h_1(F_1)$	m.	0.036	0.075	--	0.135	0.03	0.104	0.018	0.05	0.09	0.023	
G ₃	m.d	2.1	0.81	10.393(4.5)	0.82	0.34	1.28	0.63	1.34	0.44	0.31	
dh/dr	r=3m.	0.012	0.02	10.02 (4.5)	0.044	0.012	0.034	0.007	0.014	0.024	0.009	
kD(r=3)	m.d	9.1	2.1	12.5(r=4.5)	1.0	1.5	2.0	4.8	5.2	1.0	1.8	
dh/dr	r(A)	0.004	0.004	--	0.007	0.004	0.0045	0.002	0.0025	0.005	0.0035	
Gr(A)	m.d	1.37	0.40	0.792	0.33	0.19	0.42	0.30	0.61	0.25	0.15	
r(A)	m.	6	7.5	10	7.5	5	7.5	5	7.5	8	4	
$\Delta h'$	m.	0.0136	0.026	0.04	0.038	0.01	0.032	0.005	0.016	0.032	0.005	
c'	d	1.6	9.4	17	11	3.3	5.6	0.7	3.3	29	0.7	
$\Delta h''$	m.	0.0025	0.0041	0.01	0.0043	0.002	0.0043	0.001	0.003	0.005	0.001	
c''	d	0.4	6.4	20	7	1.3	11	0.3	1.4	5	0.2	
μ				0.02								
gb				0.624								

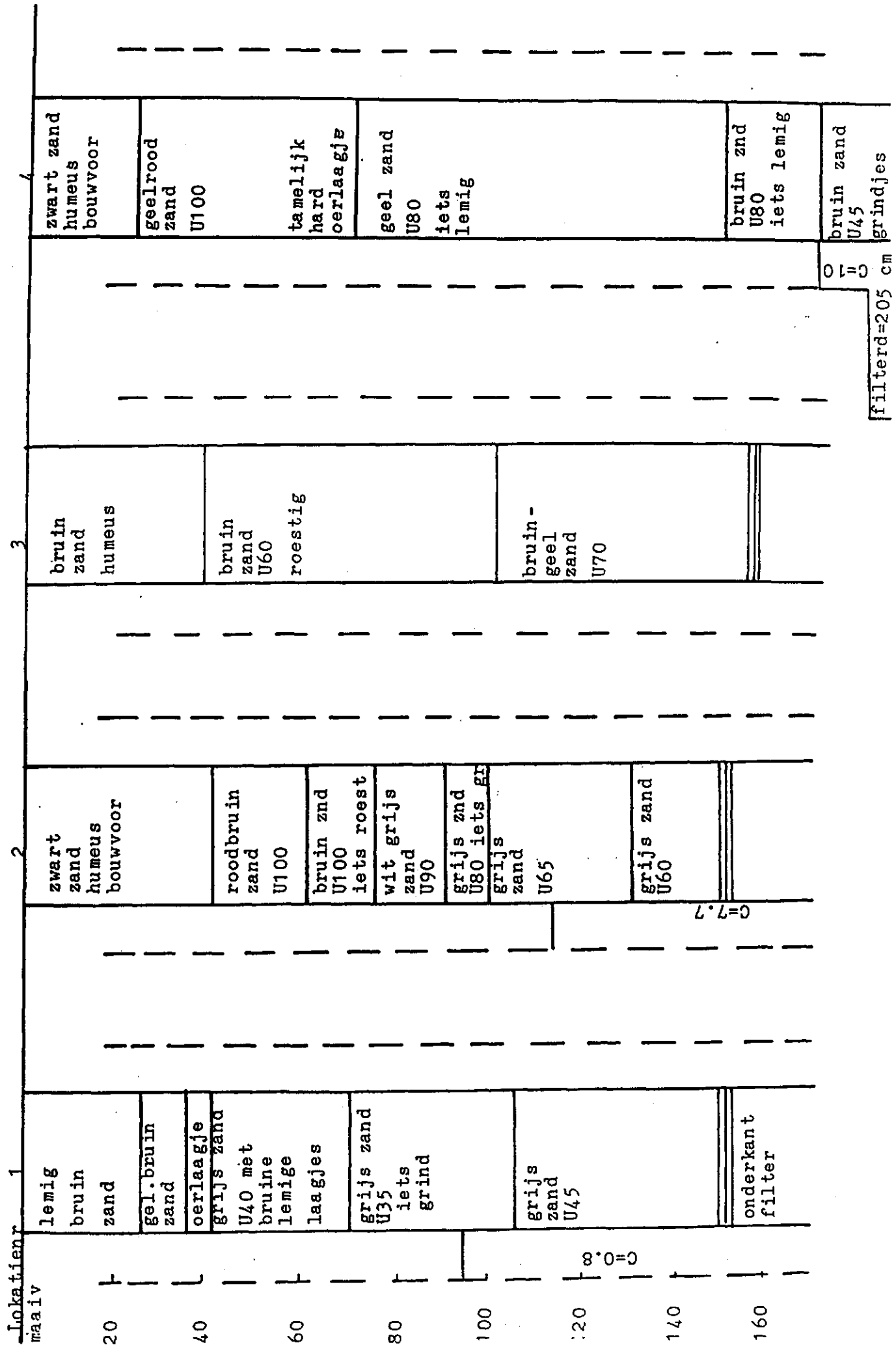
NB. Op deze lokatie is geïnfilteerd in 9 putten, waardoor een afwijkende berekening is uitgevoerd.

BIBLIOTHEK
STÄRMINGEN

[illegible]

BIBLIOTHEEK
STADTGEBOUW

Bijlage Ba Profielen c-waarden lokaties en doorlatendheden



BIBLIOTHEEK
STADSGESCHIEDENIS

Lokatienr 5

[illegible]

· EIDLOTHWERN
STARINGGEBOUW

Bijlage 8c Profielen c-waarden lokaties en doorlatendheden

Lokatie nr 9

10

11

12

maaiv.

20

40

60

80

100

120

140

160

zwart
humeus
zand
bouwvoor

fijn grijs
zand U100
iets
leemhoudend

grijs
zand U50
iets
grind

roodbruin
zand U90

grijs leemh
zand U80

zwart hu-
meus zand

bruin-
grijs
zand U80

bruine
leem

grijs zand
U80
leemhoudend

grijs zand
U80
leemhoudend

plantenrest
grijs zand
U70

zwart zand
bouwvoor

sterk
leemhoudend
zand
U70
gelaagd
roestig

sterk
leemhoudend
zand
U60

plantenrest
+
grote wor-
tel

zwarte
bouwvoor

roodbruin
zand +
oerbrosjes

bruine leem
roestig

sterk humeus
leemh U100

geel zand
roestig
U60

zwart hu-
musrijk
zand U100
leemhoudend

veen
st
leemh.

veen

zand grijs
U60

C=200

C=133

0.002

0.005

C=27

C=233

C=65

0.026

0.0078

0.0015

C=27

C=250

0.0012

C=1.6

0.31

C=0.4

C=16

**BIBLIOTHEEK
STADSGEBOUW**

Bijlage Bd Profielen c-waarden lokaties en doorlatendheden

Lokatie nr	13	14	15	16
maaiv.	bruin hu- meus zand	zwart humus zand	zwart humus zand	zwart humus zand
20 -	bruin grijs zand U80 roestig leemhou- dend	bruin grijs zand U80 sterk leemh.roest	donkerbr. leem	bruin grijs leemh znd
40 -	sterk leemhoudend zand U80 roestig	sterk leemhoudend zand U60	donker znd U40 veel planten- resten (venig)	blauwgr znd st leemh U80
60 -	sterk leemhoudend zand	zandige leem	zand U30 veel planten- resten venig	grijze leem
80 -	U100	grijs zand U40	grijs znd U45	sterk leemh zand U80 iets gelaagd
100 -			lemig	
120 -				
140 -				
160 -				
	C=4.6	C=2.7	C=12.5	C=4.8
	0.0043	0.018	0.086	0.0175
	C=242	C=1990	C=6.5	C=6261
	C=8.5	0.054		0.0001
				C=5000

**BIBLIOTHEEK
STADSGEBOUW**

Billage Be

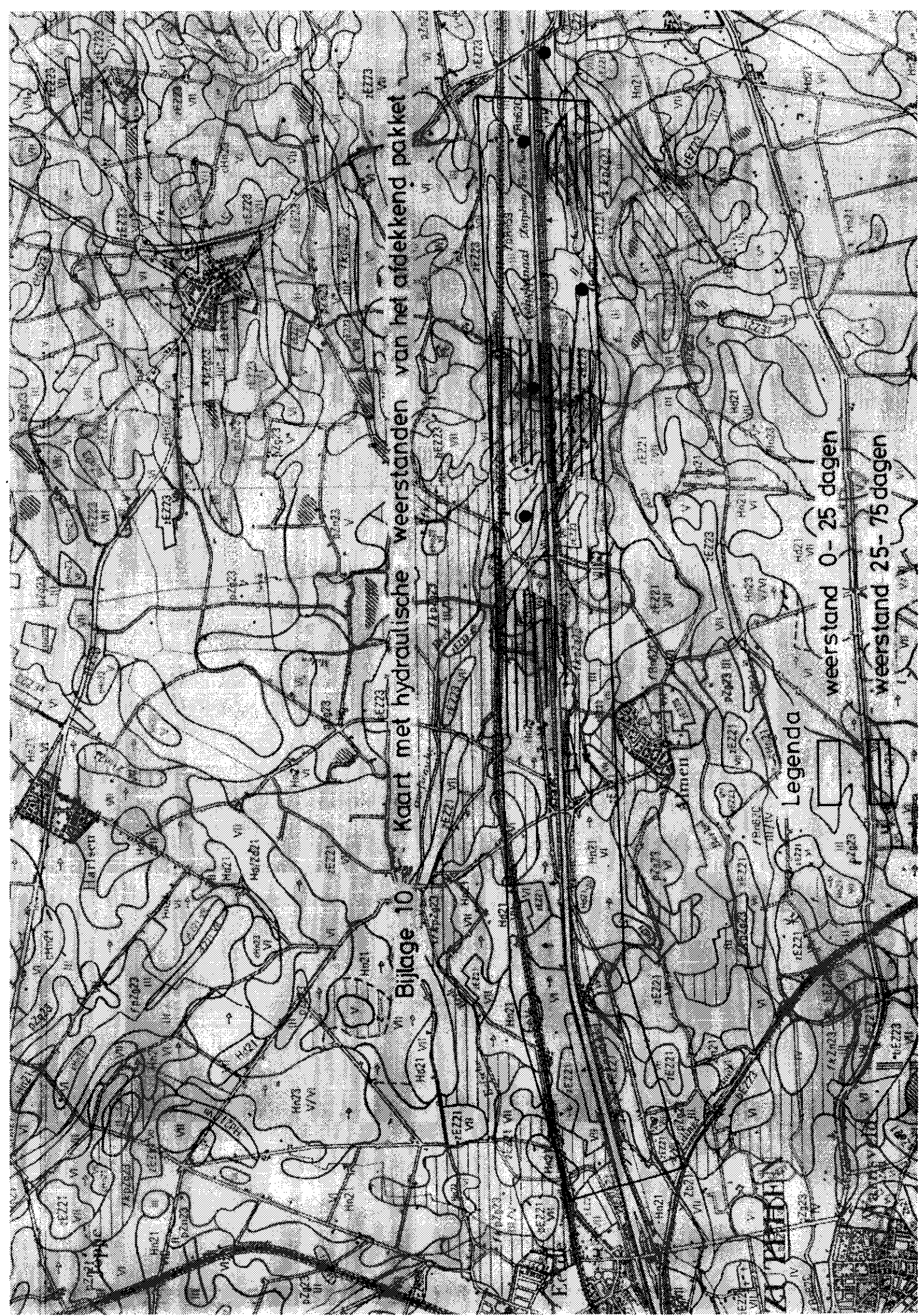
Lokatie nr	17	18	19	20
maaiv.	zwart humeus zand	bruinzwart zand hu-meus leemhoud.	zwart humusrijk znd	zwart hu-meus zand
20 -	geelbruin zand matig leemhoudend U90	bringgrijs zand U70 sterk leemhoudend	lichtgrijs slibh. zand U80	bruin zand U60
40 -				
60 -	sterk leemhoudend zand U100	donkerbr. leem	zwak leemh. zand U50	bringgrijs zand U60 roestig leemh.
80 -				
100 -	enkele wortelrest.		sterk leemh. znd U70	grijs znd humeus sterk leemh. U80
120 -	leemh. znd U60	grijs zand U40 zwak leemhoudend plantenresten		
140 -	grijs znd U45			grijs znd U60
160 -				
	C=5	C=85 0.07 C=192 0.0013	C=7.3 0.61 C=2000 0.0001 C=16	C=14.5 0.076 C=10.5 0.019 C=3.7 0.0016 C=26

**BIBLIOTHEK
STADTGEBOUW**

Profielen boorlokaties vertikale doorlatendheden

M268		M269		M270	
opge-brach-te grond	bruin zand	roestig	bruin zand U60	bruin zand U70	bruin zand U70
1.00	-				
2.00	-				
3.00	-				
4.00	-				
5.00	-				
vertikale doorlatendheid m.d.					
0.038	bruin zand U40	bruin zand U50	bruin zand U70	bruin zand U50	bruin zand U70
0.40	bruin zand U30	bruin zand U50	bruin zand U60	bruin zand U50	bruin zand U70
5.95	bruin zand U25	bruin zand U50	bruin zand U60	bruin zand U50	bruin zand U70
C ₀ =18					
0.013	bruin zand U70	bruin zand U60	bruin zand U50	bruin zand U50	bruin zand U70
0.013	bruin zand U60	bruin zand U50	bruin zand U40	bruin zand U50	bruin zand U70
1.13	bruin zand U50	bruin zand U60	bruin zand U50	bruin zand U50	bruin zand U70
1.32	bruin zand U40	bruin zand U50	bruin zand U40	bruin zand U50	bruin zand U70
1.55	bruin zand U50	bruin zand U60	bruin zand U50	bruin zand U50	bruin zand U70
2.11	bruin zand U50	bruin zand U60	bruin zand U50	bruin zand U50	bruin zand U70
7.41	bruin zand U30	bruin zand U60	bruin zand U50	bruin zand U50	bruin zand U70
C ₀ =40					
0.022	bruin zand U70	bruin zand U60	bruin zand U50	bruin zand U50	bruin zand U70
0.44	bruin zand U50	bruin zand U60	bruin zand U50	bruin zand U50	bruin zand U70
1.17	bruin zand U35	bruin zand U50	bruin zand U40	bruin zand U50	bruin zand U70
4.52	bruin zand U20	bruin zand U50	bruin zand U40	bruin zand U50	bruin zand U70
7.7	bruin zand U30	bruin zand U50	bruin zand U40	bruin zand U50	bruin zand U70
2.63	bruin zand U30	bruin zand U50	bruin zand U40	bruin zand U50	bruin zand U70
C ₀ =19					

BIBLIOTHEK
STARINGBOUY



**BIBLIOTHEEK
STARINGGEBOUW**

Bijlage 11a Bodemprofielen en bouwstenen

Kaartenheid	z-EZ 21
Plaats	Bathmen
X - coördinaat	214,975
Y - coördinaat	472,610

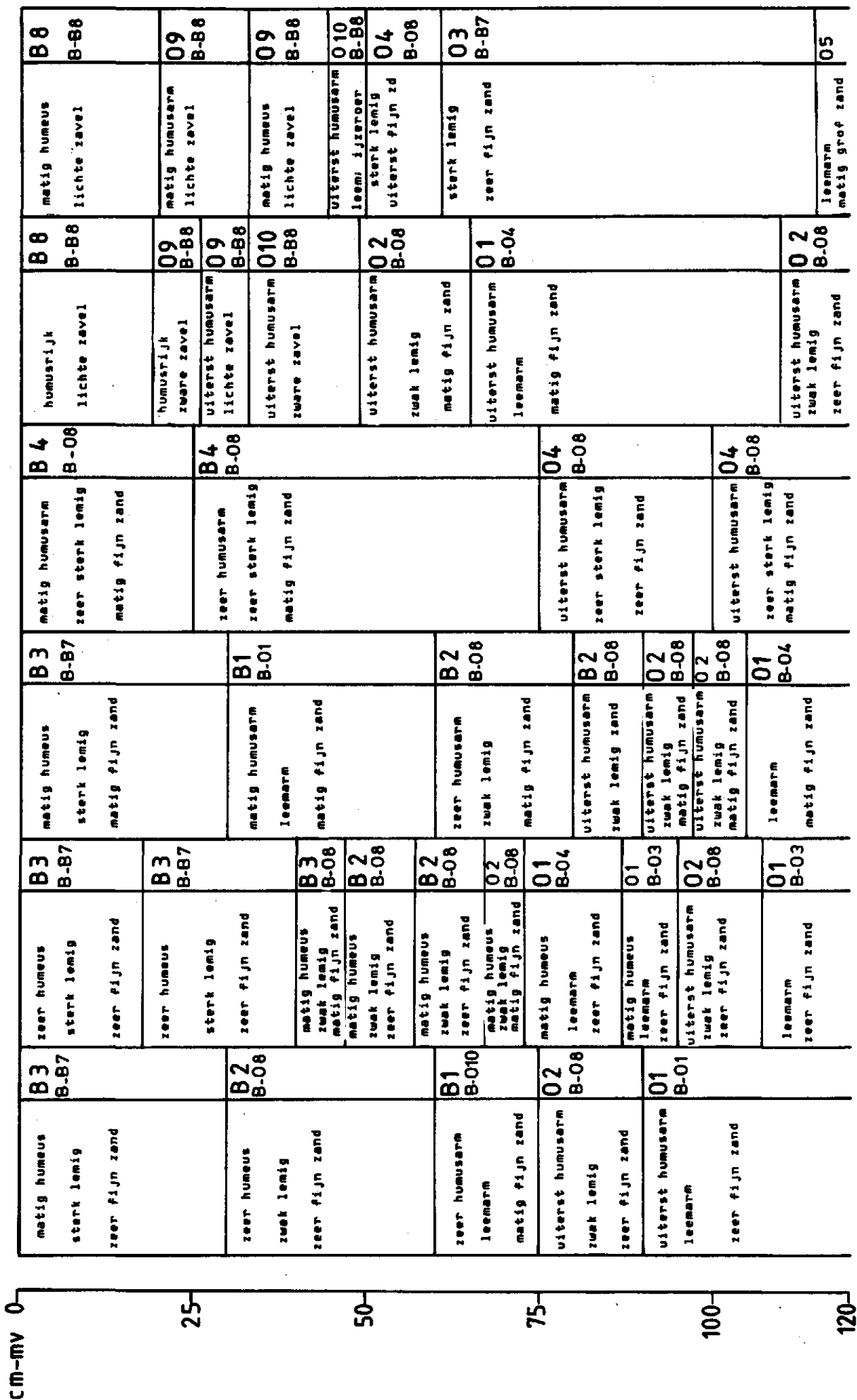
2EZ 23
Loren :
220.725
472.360

Book 12 Z 39

6EZ 23
Voorst
205,975
464,500

p Rn 59
 Ruurlo
 232.800
 452.100

Rn 62C
Lochem
221.065
463 8/0



**BIBLIOTHEEK
STARRINGEBOUW**

Bijlage 11b Bodemprofielen en bouwstenen

Kaarteenheid p Zg 23

Plaats Harfsen

X-coördinaat 218,860

Y-coördinaat 467,400

p Zn 23

Laren

221,915

466,165

Hn 21

Otterlo

213,075

468,110

Hn 23

Almen

219,870

462,150

matig humeus zwak lemig	B3 B-08	matig humeus sterk lemig zeer fijn zand	B3 B-07	matig humeusarm leemarm matig fijn zand	B1 B-010	matig humeusarm leemarm uiterst humeusarm leemarm zeer fijn zand	B1 B-010 B1 B-01	matig humeus zwak lemig matig fijn zand	B2 B-08	humusrijk sterk lemig uiterst fijn zd	B3 B-07
uiterst humeusarm zwak lemig zeer fijn zand	02 B-08	uiterst humeusarm zwak lemig zeer fijn zand	04 B-08	matig humeusarm leemarm zeer fijn zand	01 B-04	uiterst humeusarm leemarm zeer fijn zand	01 B-01	matig humeusarm zwak lemig matig fijn zand	02 B-08	matig humeusarm sterk lemig uiterst fijn zd	03 B-010
uiterst humeusarm zwak lemig matig fijn zand	02 B-08	uiterst humeusarm zwak lemig zeer fijn zand	03 B-010	uiterst humeusarm leemarm zeer fijn zand	02 B-08	uiterst humeusarm leemarm zeer fijn zand	01 B-01	uiterst humeusarm leemarm matig fijn zand	01 B-04	uiterst humeusarm zwak lemig zeer fijn zand	02 B-08
uiterst humeusarm sterk lemig zeer fijn zand	03 B-010	uiterst humeusarm sterk lemig zeer fijn zand	03 B-010	uiterst humeusarm leemarm zeer fijn zand	02 B-08	uiterst humeusarm leemarm zeer fijn zand	01 B-01	uiterst humeusarm leemarm matig fijn zand	02 B-08	uiterst humeusarm zwak lemig matig fijn zand	02 B-08

BIBLIOTHEK
STARINGEROHN

Bijlage11c Bodemprofielen en bouwstenen

Kaarteenheid

Plaats

X-coördinaat

Y-coördinaat

c Hn 21

Ruurlo

228,650

453,790

c Hn 23

Bathmen

218,300

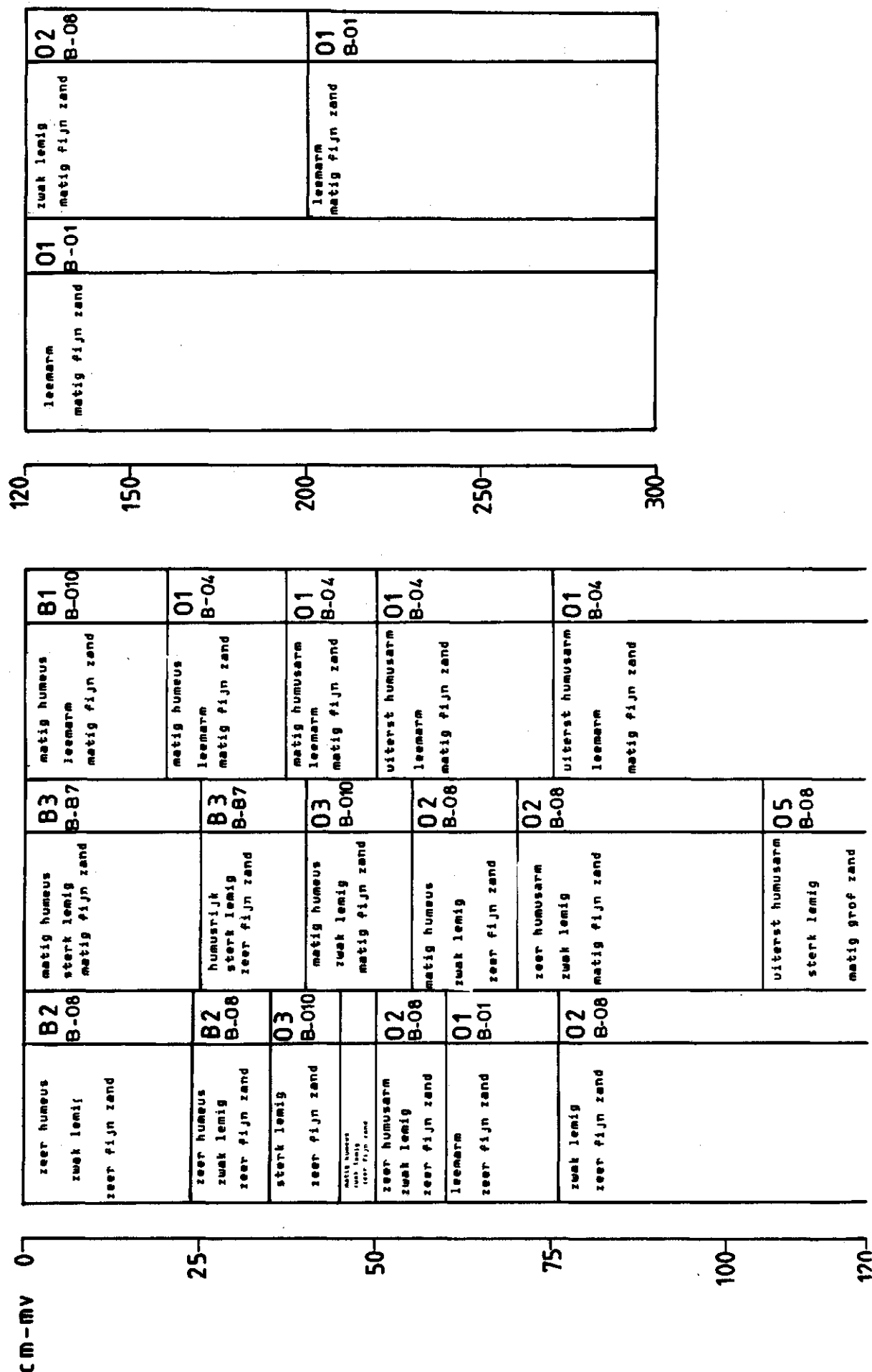
469,360

Hd 21

Vorden

219,880

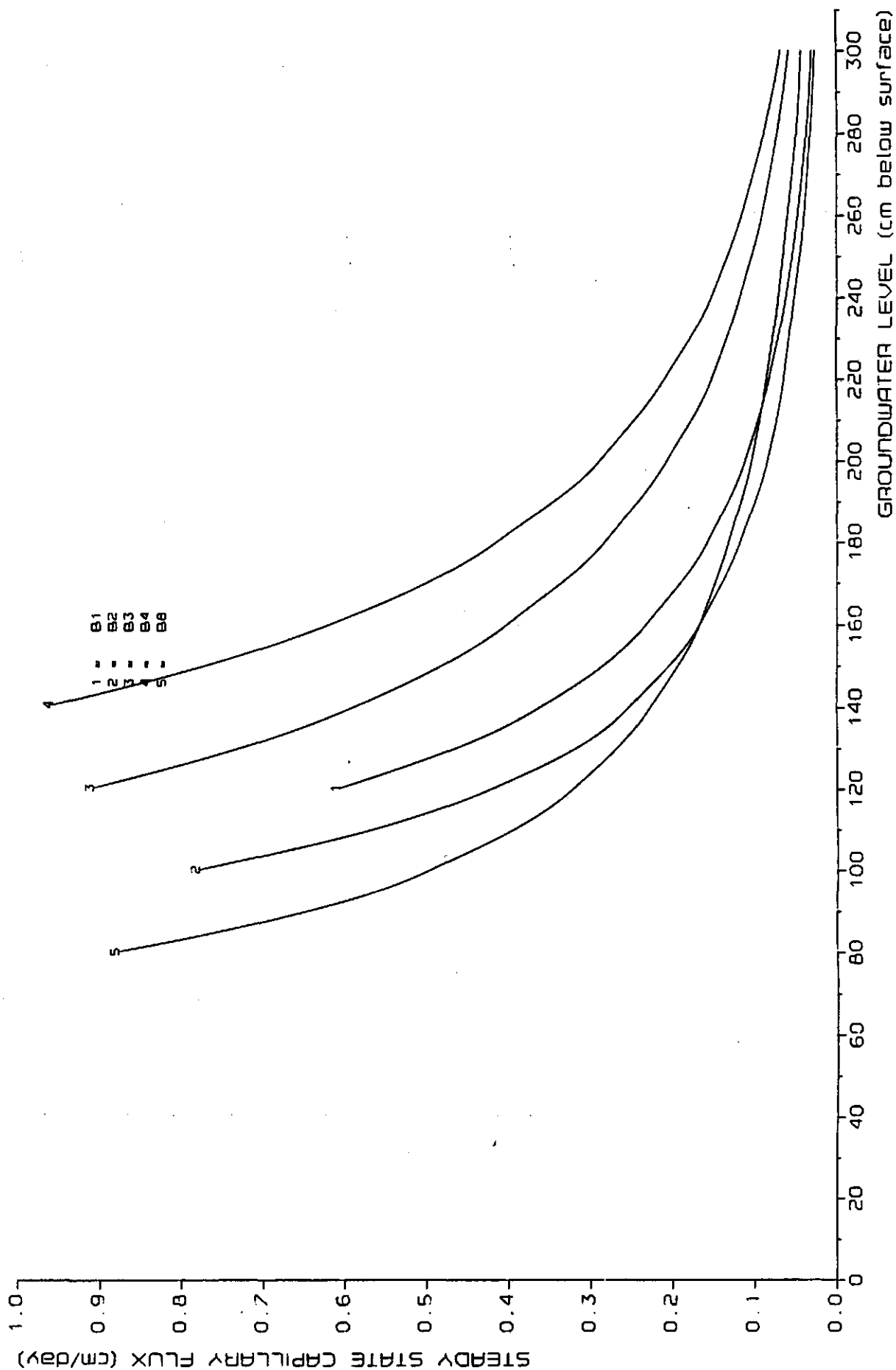
462,300



**BIBLIOTHEK
STARINGEDOUW**

Bijlage 12 A Capillaire fluxen, berekend voor bouwstenen en profielen op grond van de "Staringreeks"

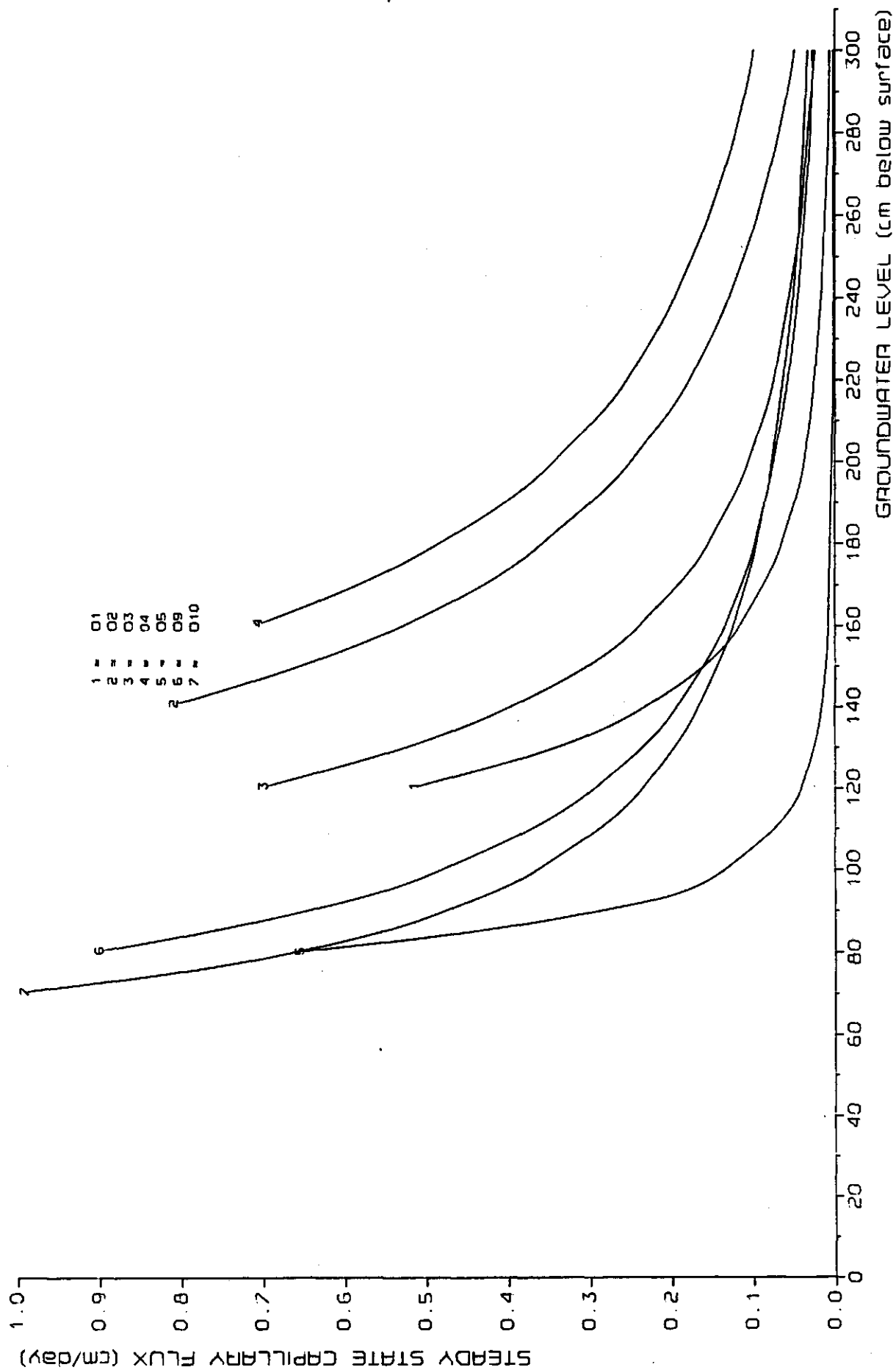
PRESSURE HEAD (cm) : -1000



BIBLIOTHEK
STADTGEZEAM

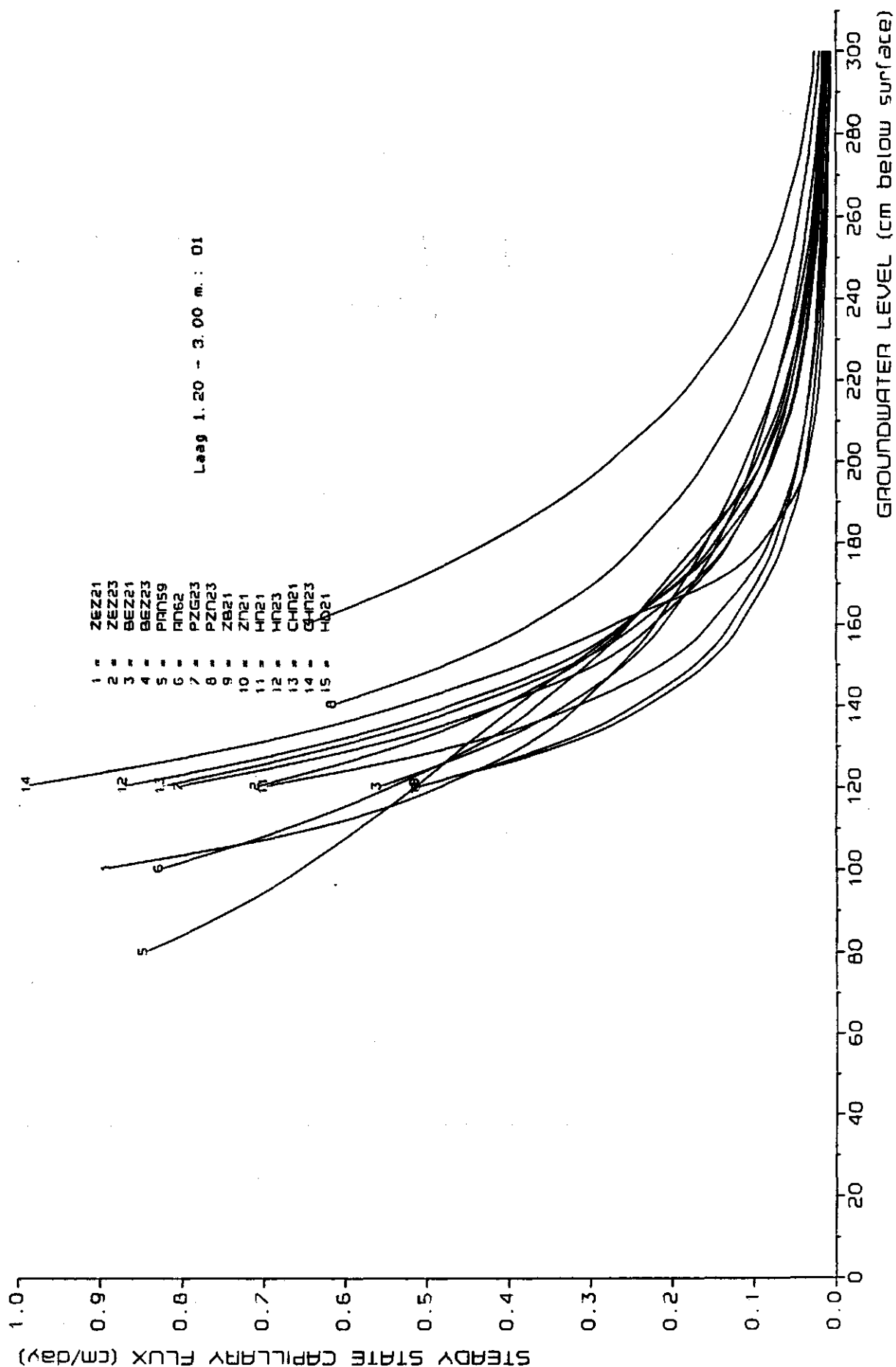
Bijlage 12 B Capillaire fluxen, berekend voor bouwstenen en profielen op grond van de "Staringsreeks"

PRESSURE HEAD (cm) : -1000



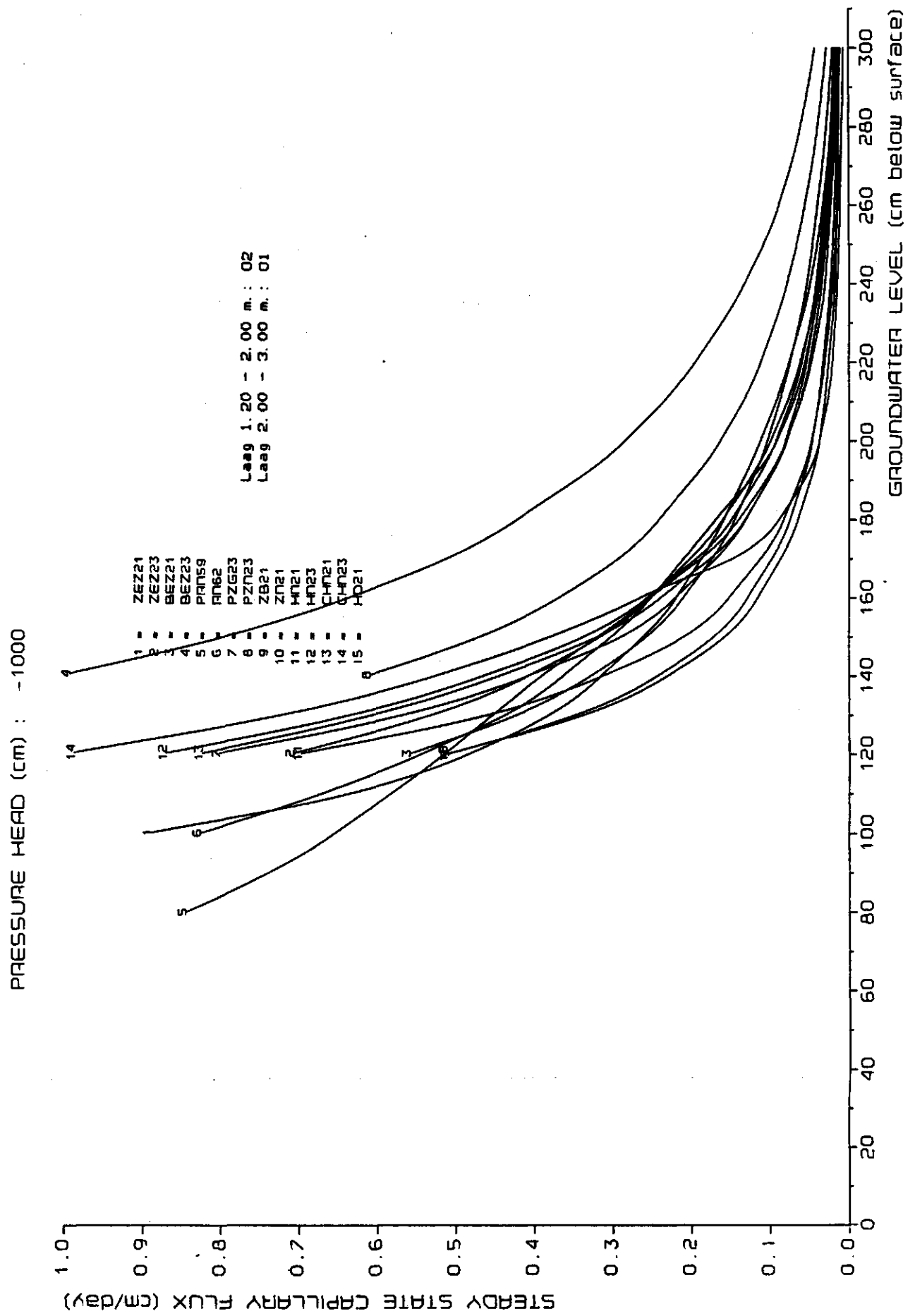
**BIBLIOTHEK
STÄDTGEBEUDUM**

PRESSURE HEAD (cm) : -1000



BIBLIOTHEK
STADTSGESAMT
STADTSGESAMT

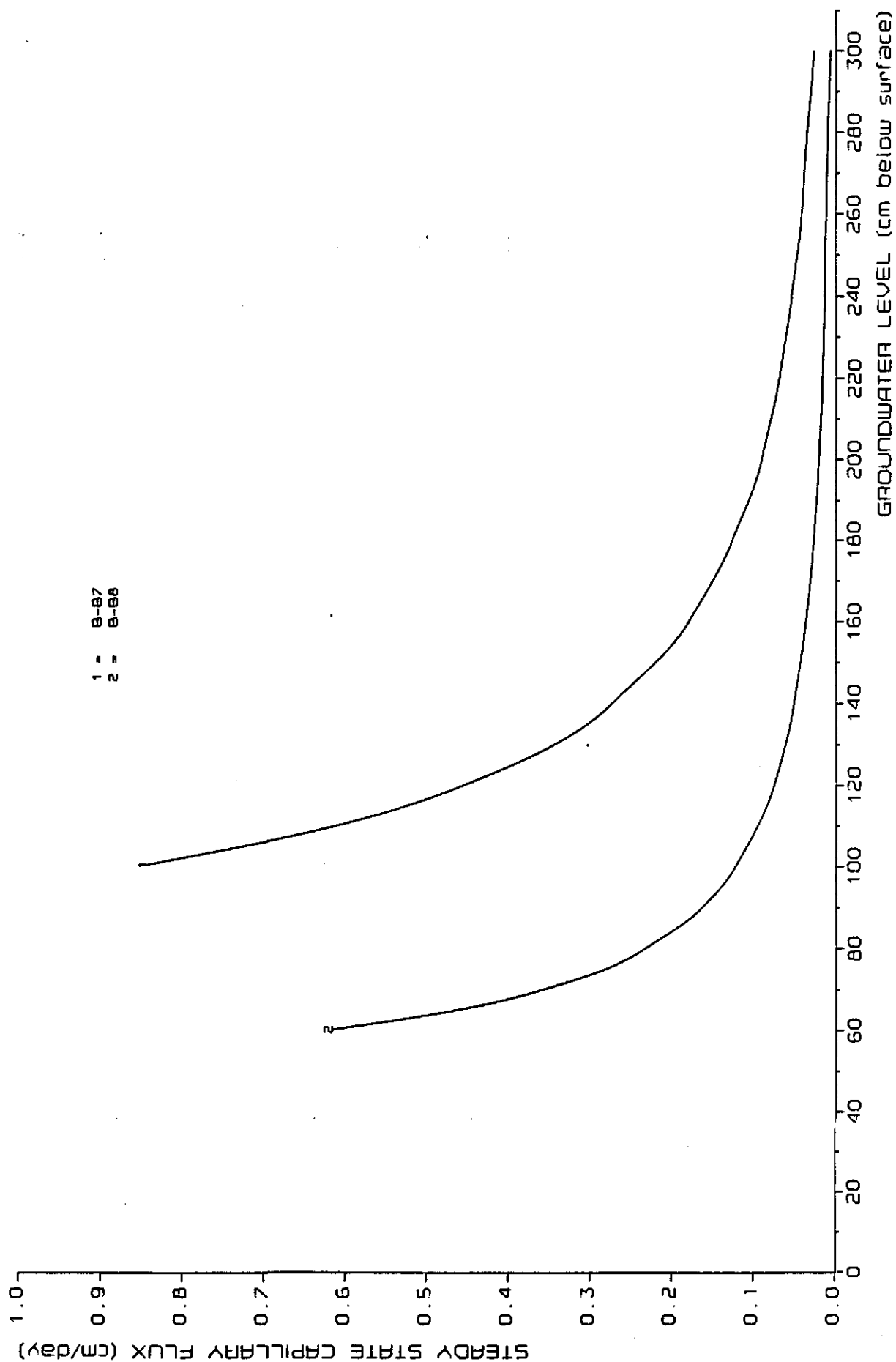
Bijlage 12 D Capillaire fluxen, berekend voor bouwstenen en profielen op grond van de "Staringsreeks"



BIBLIOTHEEK
STARRINGEROUD

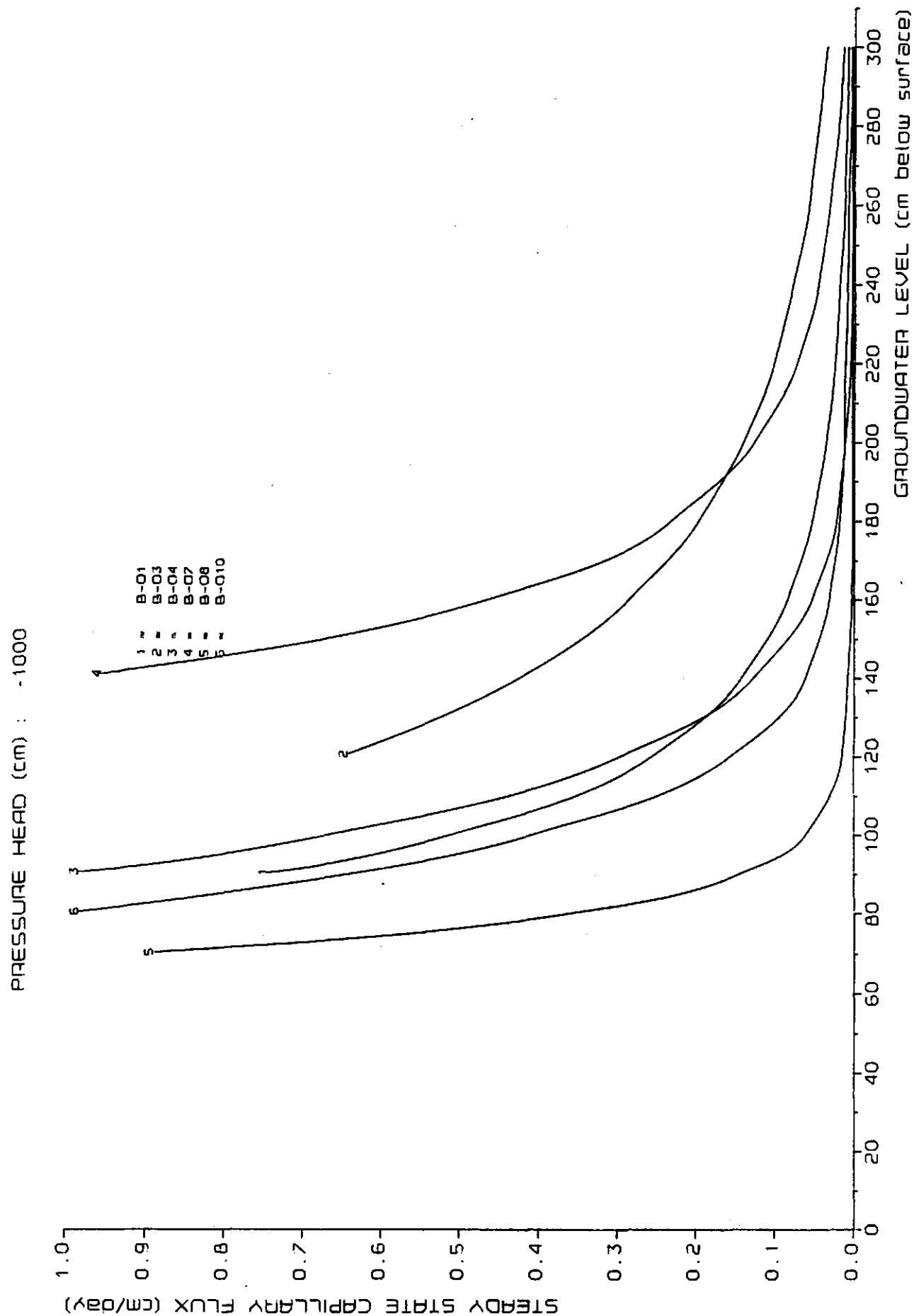
Bijlage 13 A Capillaire fluxen, berekend voor bouwstenen en profielen op grond van "Beuving"

PRESSURE HEAD (cm) : -1000



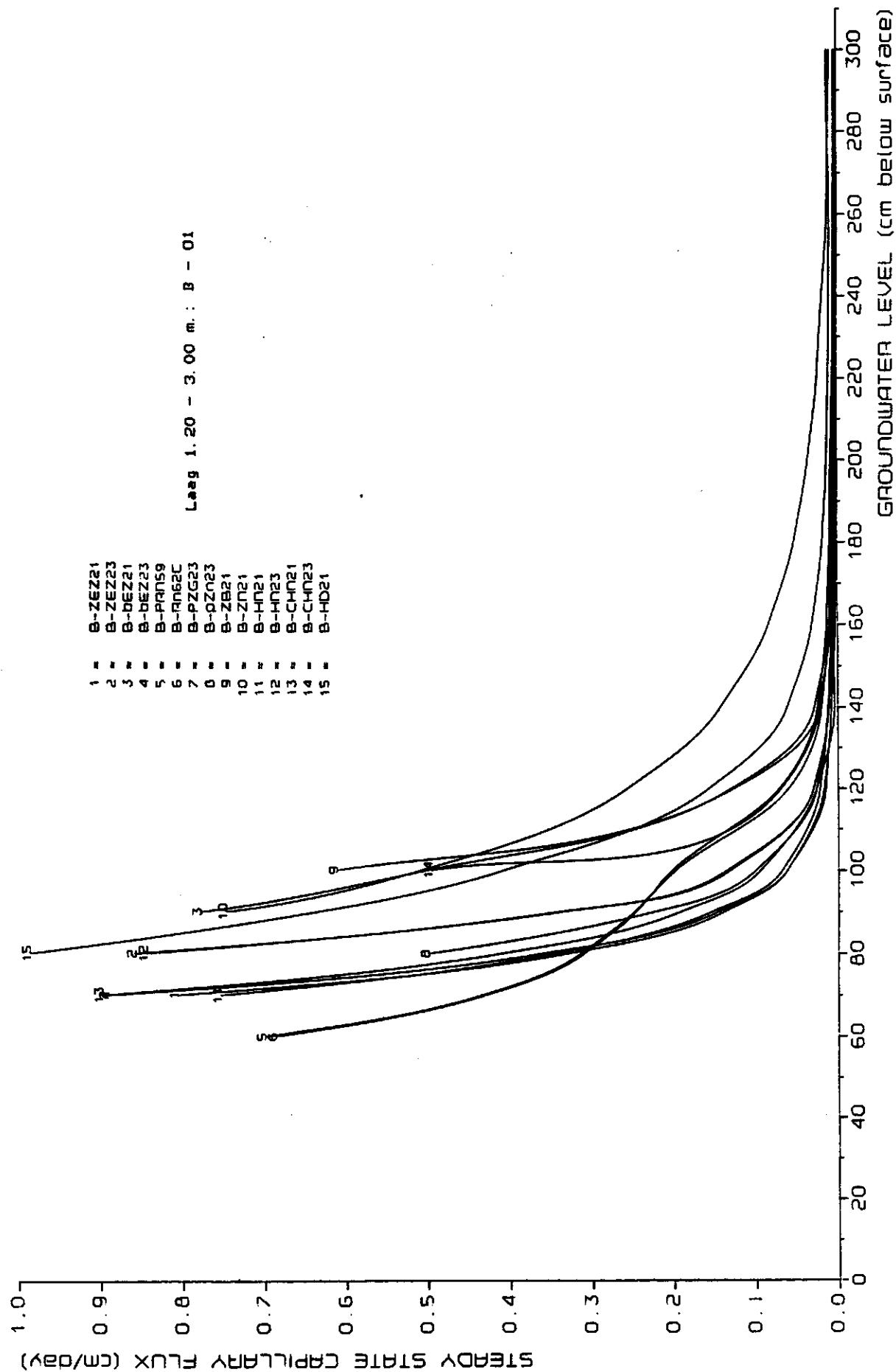
**BIBLIOTHEK
STARINGGEBOUY**

Bijlage 13 B Capillaire fluxen, berekend voor bouwstenen en profielen op grond van "Beuving"

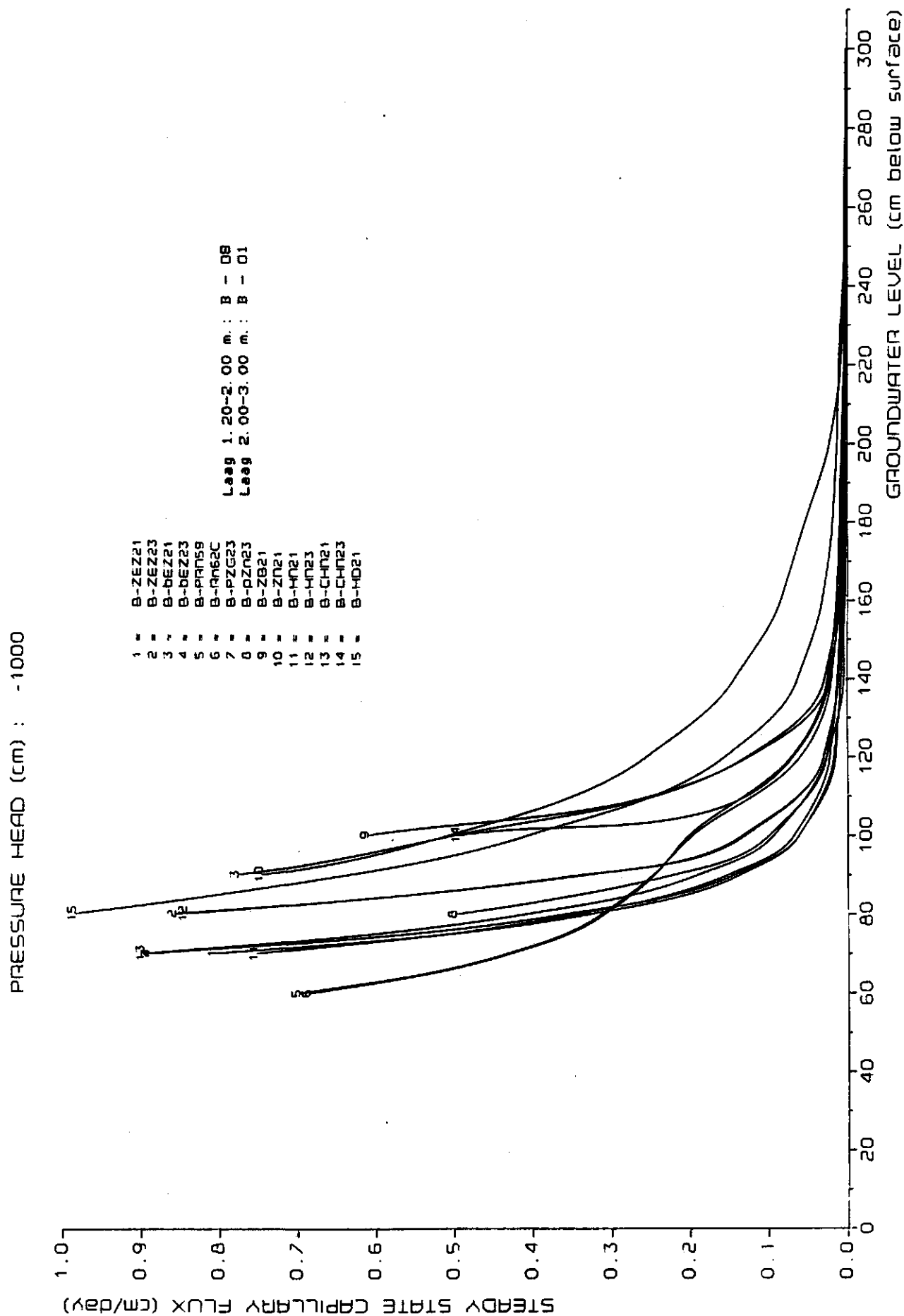


**BIBLIOTHEEK
STARRINGEBOUW**

PRESSURE HEAD (cm) : -1000

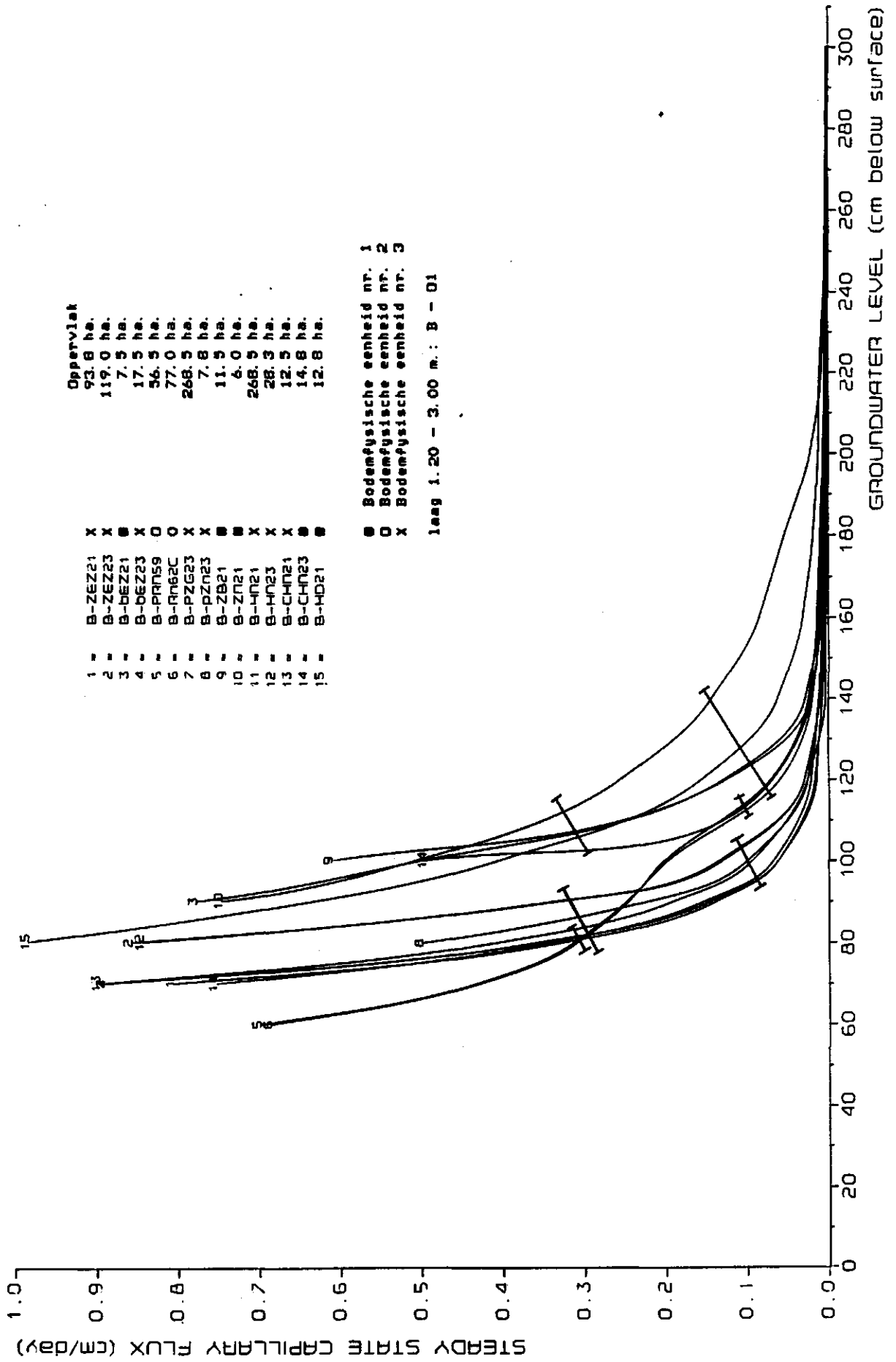


BIBLIOTHEEK
STADSGEOLOGIUM



**BIBLIOTHEEK
STARRINGEBOUW**

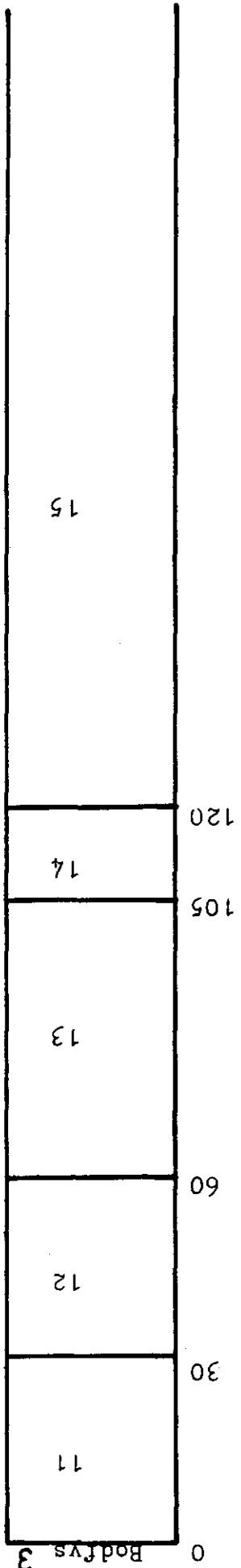
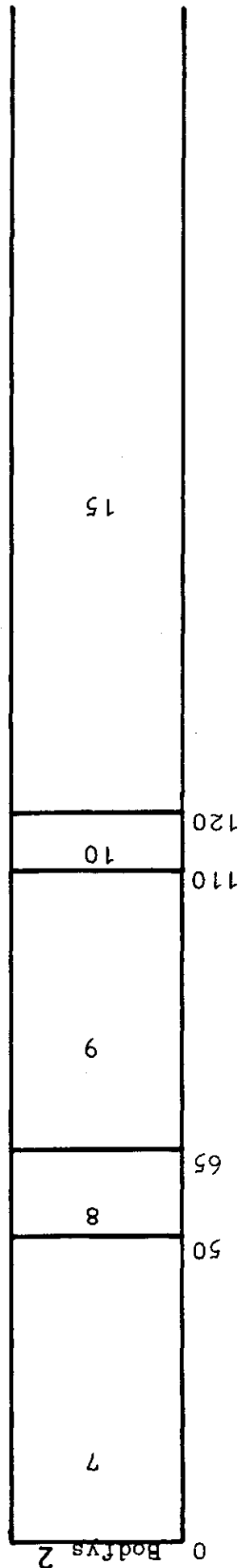
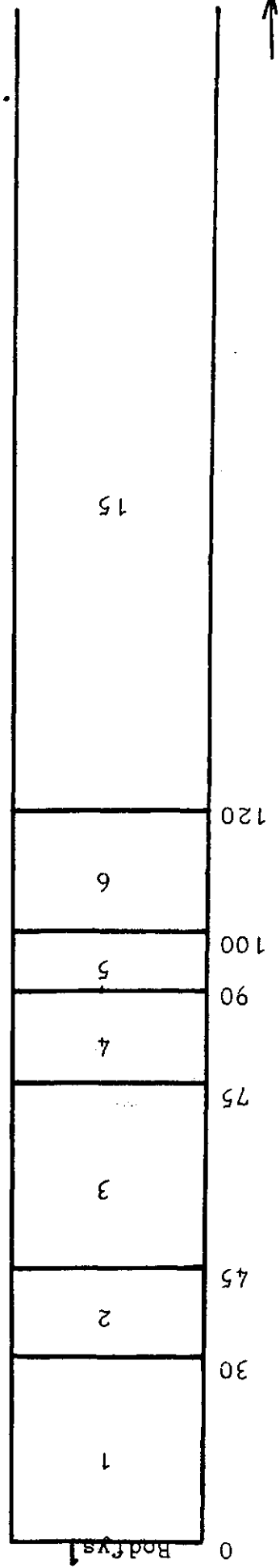
PRESSURE HEAD (cm) : -1000



BIBLIOTHEEK
STADSGEBOUW

pRn 59	Rn62 C	Bodemfysische eenheid ₂	Bouwsteen
B-B8	B-B8	B-B8	7
B-08	B-08	B-08	8
B-04	B-B7	0.42(B-04)+0.58(B-B7)	9
B-08		0.42(B-08)+0.58(B-B7)	10

**BIBLIOTHEEK
STARINGGEBOUW**



BIBLIOTHEEK
STARINGGEBOUW

Bijlage 17 a $k(h)$ -relaties van de bouwstenen van de bodemfysische eenheden

Onverzadigde doorlatendheid k (cm ² dag ⁻¹) voor 13 drukhoogten h (cm)														
Bouwst.	-h=0	10	20	31	50	100	250	500	1000	2500	5000	10000	16000	
1	77.09	15.34	4.84	1.61	0.48	0.06	0.7E-02	0.1E-02	0.2E-03	0.5E-04	0.5E-05	0.9E-06	0.2E-06	
2	155.77	12.05	5.74	1.94	0.54	0.02	0.2E-02	0.4E-03	0.7E-04	0.8E-05	0.1E-05	0.2E-06	0.7E-07	
3	123.56	6.21	4.16	1.87	0.90	0.12	0.8E-03	0.2E-03	0.8E-04	0.2E-04	0.8E-05	0.3E-05	0.6E-06	
4	116.84	5.68	3.95	1.95	1.05	0.15	0.4E-03	0.5E-04	0.8E-05	0.1E-05	0.1E-06	0.1E-07	0.1E-08	
5	106.53	5.66	3.88	1.82	0.97	0.17	0.3E-02	0.3E-03	0.1E-03	0.3E-04	0.1E-04	0.5E-05	0.3E-05	
6	46.48	3.78	2.61	1.67	1.13	0.28	0.6E-02	0.1E-02	0.6E-03	0.2E-03	0.6E-04	0.3E-04	0.7E-05	
7	11.48	1.45	0.87	0.21	0.08	0.03	0.5E-02	0.1E-02	0.2E-03	0.8E-04	0.4E-05	0.1E-05	0.1E-08	
8	169.80	8.32	5.29	1.79	0.49	0.00	0.2E-03	0.3E-04	0.4E-05	0.1E-05	0.1E-06	0.1E-07	0.1E-08	
9	53.04	25.86	6.57	2.72	1.22	0.22	0.1E-01	0.2E-02	0.3E-03	0.4E-04	0.6E-05	0.1E-05	0.4E-06	
10	95.81	27.99	7.66	2.59	0.77	0.11	0.1E-01	0.2E-02	0.3E-03	0.4E-04	0.6E-05	0.1E-05	0.4E-06	
11	26.11	20.02	5.30	2.17	0.93	0.22	0.1E-01	0.3E-02	0.8E-03	0.2E-03	0.7E-04	0.3E-04	0.5E-05	
12	40.15	7.83	3.50	1.79	1.03	0.22	0.6E-02	0.2E-02	0.5E-03	0.1E-03	0.5E-04	0.2E-04	0.5E-05	
13	115.29	6.89	4.35	1.68	0.64	0.09	0.3E-02	0.8E-03	0.3E-03	0.9E-04	0.3E-04	0.1E-04	0.3E-05	
14	101.03	6.18	3.98	1.72	0.79	0.12	0.3E-02	0.8E-03	0.3E-03	0.9E-04	0.3E-04	0.1E-04	0.3E-05	
15	34.75	6.05	4.00	1.63	0.88	0.13	0.6E-02	0.5E-03	0.1E-03	0.4E-04	0.2E-04	0.5E-05	0.3E-05	

Bijlage 17 b $\theta(h)$ -relaties van de bouwstenen van de bodemfysische eenheden




Vochtgehalte (cm ³ /cm ³) voor 13 verschillende drukhoogten h (cm)														
Bouwst.	-h=0	10	20	31	50	100	250	500	1000	2500	5000	10000	16000	
1	0.395	0.302	0.290	0.276	0.233	0.169	0.132	0.095	0.081	0.069	0.060	0.052	0.048	
2	0.346	0.266	0.249	0.229	0.151	0.049	0.032	0.021	0.019	0.017	0.016	0.014	0.013	
3	0.343	0.248	0.236	0.223	0.167	0.053	0.021	0.015	0.012	0.010	0.009	0.008	0.007	
4	0.349	0.241	0.232	0.220	0.172	0.050	0.016	0.011	0.009	0.008	0.007	0.006	0.005	
5	0.355	0.252	0.242	0.231	0.187	0.082	0.039	0.029	0.024	0.020	0.018	0.015	0.014	
6	0.345	0.263	0.254	0.245	0.224	0.137	0.078	0.053	0.040	0.029	0.025	0.021	0.019	
7	0.426	0.330	0.327	0.323	0.309	0.290	0.222	0.183	0.154	0.127	0.108	0.093	0.083	
8	0.336	0.259	0.242	0.223	0.138	0.032	0.015	0.013	0.012	0.011	0.010	0.009	0.008	
9	0.401	0.281	0.270	0.255	0.234	0.137	0.103	0.055	0.046	0.042	0.039	0.034	0.032	
10	0.391	0.295	0.279	0.257	0.207	0.122	0.103	0.056	0.049	0.044	0.041	0.036	0.034	
11	0.358	0.293	0.278	0.262	0.238	0.176	0.130	0.075	0.058	0.046	0.040	0.035	0.033	
12	0.336	0.258	0.247	0.236	0.214	0.137	0.080	0.048	0.035	0.026	0.023	0.019	0.018	
13	0.327	0.261	0.245	0.229	0.168	0.080	0.045	0.030	0.023	0.017	0.015	0.013	0.012	
14	0.331	0.256	0.242	0.228	0.177	0.084	0.045	0.029	0.022	0.017	0.014	0.012	0.011	
15	0.335	0.227	0.220	0.211	0.201	0.152	0.072	0.041	0.028	0.026	0.024	0.021	0.020	

**BIJLAGE
STANDBOORD**

N

Twentse kanaal

LEGENDA

-  Bodemfysische eenheid 1
-  Bodemfysische eenheid 2
-  Bodemfysische eenheid 3

↑ Opgehoogd of opgespoten terrein

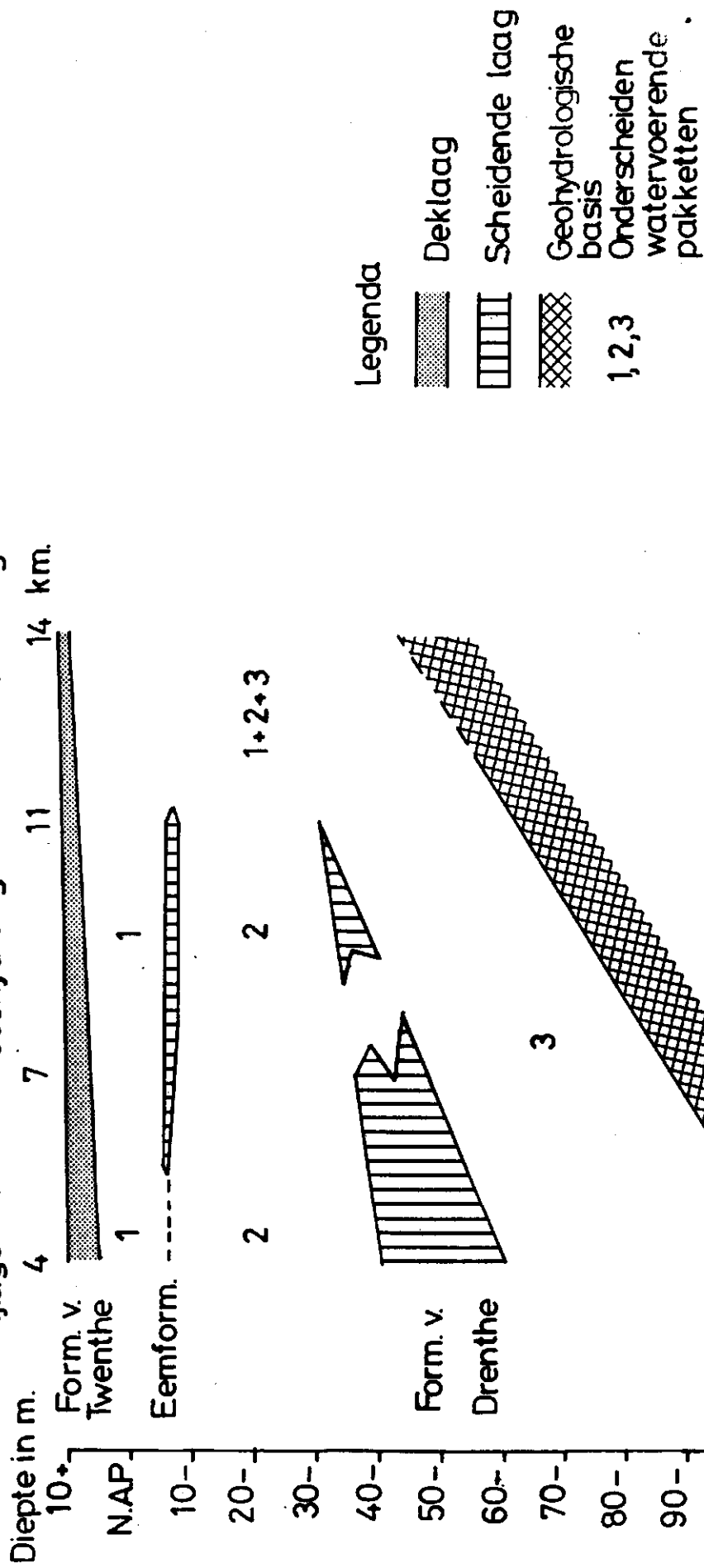
**BIBLIOTHEEK
STADINGGEBOUW**

Bijlage 19 Constanten voor de berekening van het capillair geleidingsvermogen

Bodemfysische eenheid	Wortelzone: cm	k ₀ cm/dag	α	I _{h1} cm	I _{hlim1} cm	a cm ⁿ⁺¹ /dag
1	0-30	10,83	0,048	0	178,5	3,20
2	0-30	48,23	0,1061	0	95,5	1,27
3	0-30	13,31	0,059	0	132,5	5,28
1	0-60	7,83	0,040	0	159,0	3,63
2	0-60	100,00	0,1372	0	75,5	1,47
3	0-60	12,85	0,0612	0	129,5	4,60

**BIBLIOTHEEK
STADSGEBOUW**

Bijlage 20 Geohydrologische schematisering



**BIBLIOTHEEK
STAHINGGEBOUW**

Bijlage 22 A. Het doorlaatvermogen van de aangeboorde watervoerende pakketten.

Kaartblad : 33 E
 Boring : M 268
 Coördinaten : 215.610 464.240
 Diepte boring : 52.00

[illegible]

**BILJOTHEEK
STADTGEBOUW**

2^e Scheidende laag

BIOLIOTHEK
STADTIGGEROUM

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65
66
67
68
69
70
71
72
73
74
75
76
77
78
79
80
81
82
83
84
85
86
87
88
89
90
91
92
93
94
95
96
97
98
99
100
101
102
103
104
105
106
107
108
109
110
111
112
113
114
115
116
117
118
119
120
121
122
123
124
125
126
127
128
129
130
131
132
133
134
135
136
137
138
139
140
141
142
143
144
145
146
147
148
149
150
151
152
153
154
155
156
157
158
159
160
161
162
163
164
165
166
167
168
169
170
171
172
173
174
175
176
177
178
179
180
181
182
183
184
185
186
187
188
189
190
191
192
193
194
195
196
197
198
199
200
201
202
203
204
205
206
207
208
209
210
211
212
213
214
215
216
217
218
219
220
221
222
223
224
225
226
227
228
229
230
231
232
233
234
235
236
237
238
239
240
241
242
243
244
245
246
247
248
249
250
251
252
253
254
255
256
257
258
259
260
261
262
263
264
265
266
267
268
269
270
271
272
273
274
275
276
277
278
279
280
281
282
283
284
285
286
287
288
289
290
291
292
293
294
295
296
297
298
299
300
301
302
303
304
305
306
307
308
309
310
311
312
313
314
315
316
317
318
319
320
321
322
323
324
325
326
327
328
329
330
331
332
333
334
335
336
337
338
339
340
341
342
343
344
345
346
347
348
349
350
351
352
353
354
355
356
357
358
359
360
361
362
363
364
365
366
367
368
369
370
371
372
373
374
375
376
377
378
379
380
381
382
383
384
385
386
387
388
389
390
391
392
393
394
395
396
397
398
399
400
401
402
403
404
405
406
407
408
409
410
411
412
413
414
415
416
417
418
419
420
421
422
423
424
425
426
427
428
429
430
431
432
433
434
435
436
437
438
439
440
441
442
443
444
445
446
447
448
449
450
451
452
453
454
455
456
457
458
459
460
461
462
463
464
465
466
467
468
469
470
471
472
473
474
475
476
477
478
479
480
481
482
483
484
485
486
487
488
489
490
491
492
493
494
495
496
497
498
499
500
501
502
503
504
505
506
507
508
509
510
511
512
513
514
515
516
517
518
519
520
521
522
523
524
525
526
527
528
529
530
531
532
533
534
535
536
537
538
539
540
541
542
543
544
545
546
547
548
549
550
551
552
553
554
555
556
557
558
559
560
561
562
563
564
565
566
567
568
569
570
571
572
573
574
575
576
577
578
579
580
581
582
583
584
585
586
587
588
589
590
591
592
593
594
595
596
597
598
599
600
601
602
603
604
605
606
607
608
609
610
611
612
613
614
615
616
617
618
619
620
621
622
623
624
625
626
627
628
629
630
631
632
633
634
635
636
637
638
639
640
641
642
643
644
645
646
647
648
649
650
651
652
653
654
655
656
657
658
659
660
661
662
663
664
665
666
667
668
669
670
671
672
673
674
675
676
677
678
679
680
681
682
683
684
685
686
687
688
689
690
691
692
693
694
695
696
697
698
699
700
701
702
703
704
705
706
707
708
709
710
711
712
713
714
715
716
717
718
719
720
721
722
723
724
725
726
727
728
729
730
731
732
733
734
735
736
737
738
739
740
741
742
743
744
745
746
747
748
749
750
751
752
753
754
755
756
757
758
759
760
761
762
763
764
765
766
767
768
769
770
771
772
773
774
775
776
777
778
779
780
781
782
783
784
785
786
787
788
789
790
791
792
793
794
795
796
797
798
799
800
801
802
803
804
805
806
807
808
809
810
811
812
813
814
815
816
817
818
819
820
821
822
823
824
825
826
827
828
829
830
831
832
833
834
835
836
837
838
839
840
84

Diaptych : 42

[illegible]

BIBLIOTHEK
STADTGEBOUW

[illegible]

Keertblad : 33 F
Boring : M 270
Coördinaten : 219.97

[illegible]

**BIBLIOTHEEK
STADSGEBOUW**

BIBLIOTHEEK
STADSGEBOUW

Bijlage 22 E Het doorlaatvermogen van de aangeboorde watervoerende pakketten.

Kaartblad : 34 A
 Boring : M 272
 Coördinaten : 221.930 464.660 Diepte boring : 39.00

m-mv	Onderkant	grond- soort	U/M-cyfer	Sortering	Blib gehalte	Grind- gehalte	diameter grind 5-10/gemengd/10-20	k-factor	dikte grondlaag	kD	kD totaal
0.00	0.50	ZAND	70	65.0	6.0			1.0	0.50	0	0
0.50	1.00	ZAND	70	60.	8.						
1.00	2.20	ZAND	45	65.	2.5			12.2	1.20	15	15
2.20	4.00	ZAND	40	65.	8.						
4.00	6.00	ZAND	40	55.	2.5	12		12.2	2.00	24	24
6.00	8.00	ZAND	40	60.	5	8		23.2	2.00	46	46
8.00	10.50	ZAND	35	65.	2	21		40.6	2.50	101	101
10.50	12.00	ZAND	25	65.	2	68		100.0	1.50	150	150
12.00	14.00	ZAND	25	65.	2	14		76.6	2.00	153	153
14.00	14.50	ZAND	25	65.	2	63		100.0	0.50	50	50
14.50	16.00	ZAND	25	65.	2	14		76.6	1.50	115	115
16.00	17.50	ZAND	40	70.	5			30.4	1.50	46	46
17.50	19.00	ZAND	30	70.	5	48		83.2	1.50	125	125
19.00	20.00	ZAND	50	80.	5			24.5	1.00	24	24
20.00	22.00	ZAND	35	60.	5	48		45.8	2.00	92	92
22.00	25.00	ZAND	30	65.	2			50.7	3.00	152	152
25.00	27.50	ZAND	35	60.	2.5	12		17.9	2.50	45	45
27.50	30.00	ZAND	40	70.	5			30.4	2.50	76	76
30.00	33.00	ZAND	35	65.	5			34.9	3.00	105	105
33.00	34.00	ZAND	50	70.	5			19.4	1.00	19	19
34.00	39.00	ZAND	60	90.	1.			19.2	5.00	96	1419

**BIBLIOTHEEK
STADSGEBOUW**

BIBLIOTHEEK
STADSGEBOUW

Biilade 22 0 Het doorlaastvermogen van de aangeboorde watervoerende pakketten

Page 33 of 33

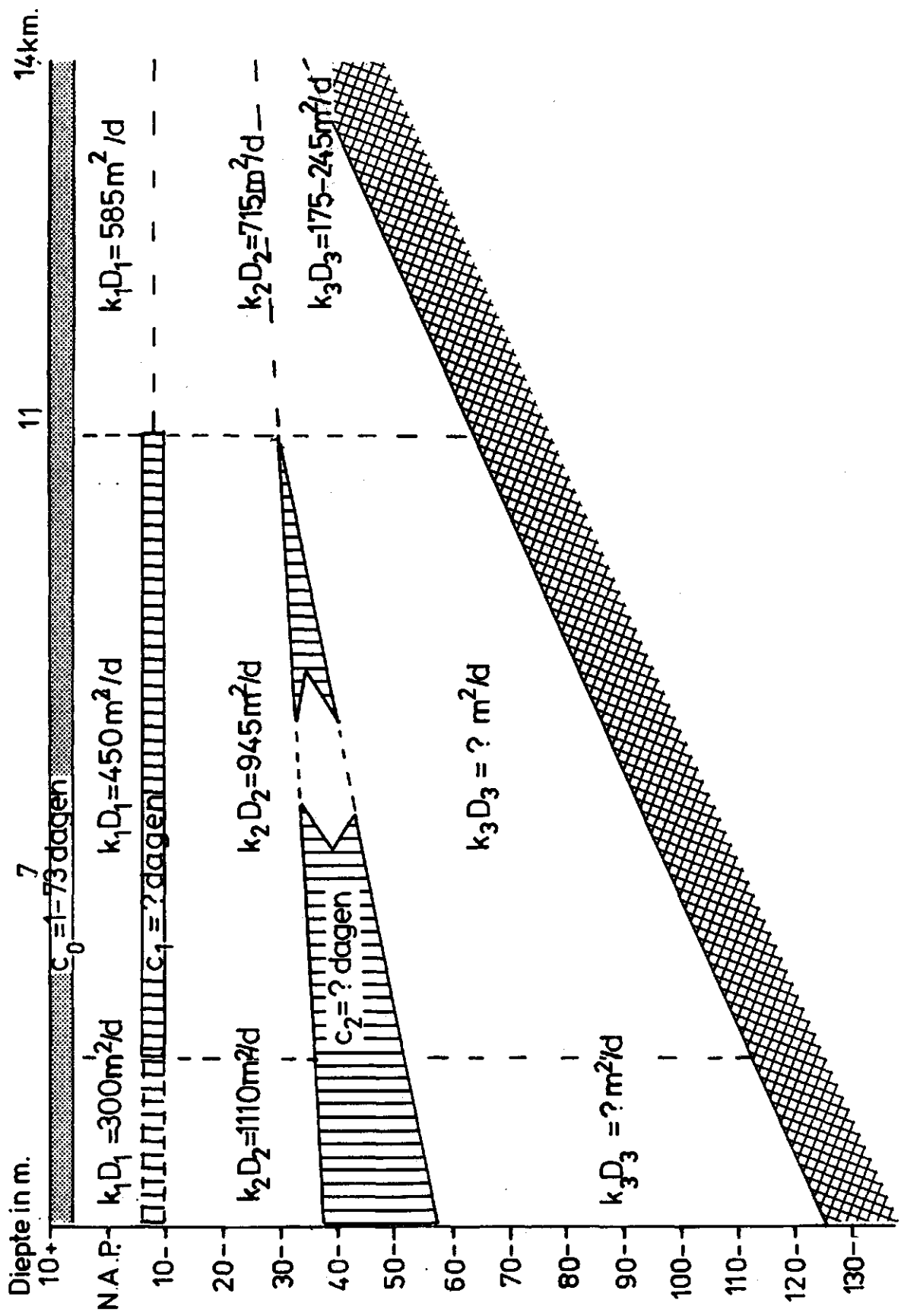
DIAPYCNEL-2	Diapycnel boring :	55.00
Boring		

Coordinates : 214. 923 464. 100

Bovankant	U/M-cyfer	Sortering	Slib	Grind-	diameter grind	k-factor	dikte	kD	kD totaal
m-mv	m-mv	soort	gehalte	gehalte	5-10/gemengd/10-20		grondlaag		
0.00	1.00	ZAND	75	70.0	4.0	2.9	1.00	3	
1.00	1.40	ZAND	50	70.	4.	6.5	0.40	3	6
1.40	2.00	LEEM							
2.00	3.00	ZAND	120	70.	7.	4.5	2.00	9	
3.00	5.00	ZAND	60	50.	2.5	6.1	1.00	6	
5.00	6.00	ZAND	60	50.	1.5	17.6	2.00	35	
6.00	8.00	ZAND	40	50.	.5	72.6	1.00	73	
8.00	9.00	ZAND	25	60.	0.	68.7	1.00	69	
9.00	10.00	ZAND	25	60.	0.	16.5	1.00	17	
10.00	11.00	ZAND	50	60.	0.	40.5	1.00	41	
11.00	12.00	ZAND	30	55.	.5	31.0	1.00	31	
12.00	13.00	ZAND	40	70.	.5	35.6	1.00	36	
13.00	14.00	ZAND	35	65.	.5	35.6	1.00	36	
14.00	15.00	ZAND	35	65.	.5	24.4	1.00	24	
15.00	16.00	ZAND	40	60.	.5	21.6	1.00	22	
16.00	17.00	ZAND	40	55.	.5	43.3	1.00	43	
17.00	18.00	ZAND	30	60.	.5	67.1	0.70	47	
18.00	18.70	ZAND	25	60.	.5	15.5	1.00	15	
18.70	19.70	ZAND	40	60.	2.	13.8	1.00	14	
19.70	20.70	ZAND	40	55.	2.	34.9	1.00	35	
20.70	21.70	ZAND	35	65.	.5	30.4	1.00	30	
21.70	22.70	ZAND	40	70.	.5	30.4	1.00	30	
22.70	23.70	ZAND	40	70.	.5	24.4	1.00	24	
23.70	24.70	ZAND	40	60.	.5	38.4	1.00	38	
24.70	25.70	ZAND	30	55.	.5	66.1	1.00	66	
25.70	26.70	ZAND	25	60.	0.	20.4	1.00	20	
26.70	27.70	ZAND	40	55.	.5	35.7	1.00	36	
27.70	28.70	ZAND	35	60.	0.	48.6	1.00	49	
28.70	29.70	ZAND	30	60.	0.	18.4	1.00	18	
29.70	30.70	ZAND	45	60.	.5	19.4	1.00	19	
30.70	31.70	ZAND	45	60.	.5	31.8	1.00	32	
31.70	32.70	ZAND	35	60.	.5	31.0	1.00	31	
32.70	33.70	ZAND	40	70.	.5	27.3	1.00	27	
33.70	34.70	ZAND	40	65.	.5	18.7	1.00	19	
34.70	35.70	ZAND	40	50.	.5	14.5	1.00	14	
35.70	36.70	ZAND	45	50.	.5	22.9	1.00	23	
36.70	37.70	ZAND	40	50.	.5	18.3	1.00	18	
37.70	38.70	ZAND	40	50.	.5	57.2	1.00	57	
38.70	39.70	ZAND	30	70.	.5	18.9	1.00	19	
39.70	40.70	ZAND	40	50.	.5	8.1	1.00	8	
40.70	41.70	ZAND	60	50.	.5	7.8	1.00	8	
41.70	42.70	ZAND	60	50.	.5	11.3	1.00	11	
42.70	43.70	ZAND	50	50.	.5	52.1	1.00	52	
43.70	44.70	ZAND	25	55.	.5	52.1	6.00	313	
44.70	50.70	ZAND	25	55.	.5	31.7	3.00	95	
50.70	53.70	ZAND	30	65.	2.				1610
53.70	55.00	LEEM							

BIBLIOTHEQUE
STARING

Bijlage 23 Hydrologische bodemconstanten weergegeven
in het geohydrologisch schema



BIBLIOTHEEK
STARINGGESCHIED